

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Využití paletizačního systému při výrobě tvarových dílů

The Use of Palletising System in the Production of Shaped Parts

Student:

Kulhavý Lukáš

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.

Ostrava 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání bakalářské práce

Student: **Lukáš Kulhavý**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2303R002 Strojírenská technologie
Téma: **Využití paletizačního systému při výrobě tvarových dílů**
The Use of Palletising System in the Production of Shaped Parts

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika daného problému.
2. Paletizace - princip, přínosy.
3. Přenos mezi měřicím strojem a CNC frézku.
4. Diskuze experimentálních prací.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie – část 2. Základy řízení jakosti*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2006. 86 s. ISBN 80-248-1209-6.
- [2] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. 1. vyd. Žilina : Žilinská univerzita v Žiline, EDIS, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] SADÍLEK, M. *CAM systémy v obrábění I. - II. doplněné vydání*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2010. 138 s. ISBN 978-80-248-2278-4.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Vladimír Vrba, CSc.**

Datum zadání: 14.12.2012

Datum odevzdání: 20.05.2013



Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 7. 5. 2013

..... Lukáš Kulhavý

Lukáš Kulhavý

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména §35 - užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 - školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB - TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB - TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB - TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo - bakalářskou práci nebo poskytnou licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB - TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB -TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 7.5.2013

..... Lukáš Kulhavý

Lukáš Kulhavý

Adresa trvalého pobytu diplomanta: **Lukáš Kulhavý**

Jiráskova 93

561 01 Moravská Třebová

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

KULHAVÝ, L. *Využití paletizačního systému při výrobě tvarových dílů.: bakalářská práce.* Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2013, 62 s. Vedoucí práce: Vladimír Vrba

V mé bakalářské práci řeším problém nežádoucích časů při výrobě součástí, které se odstraňují zaváděním paletizačního systému. V teoretické části se zabývám zkracováním nežádoucích časů ve výrobě, pomocí paletizačního systému, částí systému, ze kterých je složen a jejich charakteristikou. Dále se zaměřuji na přenos dat z měřicího stroje do CNC frézky. V praktické části bakalářské práce posuzuji celý proces paletizačního systému. Od zaměření obrobku na měřícím stroji, přes samotné frézování obrobku a následné přeměření na pracovišti kontroly, kde zkoumám naměřené odchylky. Odchylky naměřené po frézování porovnávám s odchylkami uvedenými na výkresu navrženém konstruktérem. Podle odchylek je možné posoudit přesnost paletizačního systému ve výrobě.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

KULHAVÝ, L. *The Use of Palletising System in the Production of Shaped Parts.: Bachelor Thesis.* Ostrava : VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Machining and Fabrication Institute, 2010, 62 p. Thesis head: Vrba, V.

In my bachelor thesis I solve the problematic of undesirable times during the process of elements making, which are eliminated through the use of the palletization system. In the practical part I deal with the shortening of undesirable times in production, with the contribution of palletization system, parts of the system, from which it is put together and with their characteristic. Moreover, I concentrate on data transfer from measurement machine to CNC milling machine. In the practical part of my bachelor thesis I mention the whole process of palletization system. From the workpiece directing on measurement machine, to milling of the workpiece itself and its consequent remeasurement at the workplace of control, where I study measured deviations. Deviations measured after the milling, I compare with the deviations mentioned on the sketch, made by the constructor. According to the deviations, it is possible to evaluate the accuracy of palletization system in production.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů.....	8
0 Úvod.....	9
1 Obecná charakteristika paletizace daného problému	11
1.1. Historie a údaje o společnosti.....	11
1.1.1. Strojní vybavení	12
1.1.2 Nástrojárna	13
1.1.3 Konstrukce	13
1.1.4. Novinky.....	13
1.1.5. Kontakt	13
1.2 Stávající postup výroby tvarových dílů forem v nástrojárně	13
1.2.1 Technologie.....	14
1.2.2 Práce konstruktéra, programátora, technologa.....	16
1.2.3 Příklad výroby tvarového dílu.....	17
1.2.4. Technologický postup	20
2 Paletizace - princip, přínosy	25
2.1. Způsoby upínání obrobků na palety se zaměřením na opakovatelnou přesnost	25
2.2. Zavedení paletizace	26
2.3. Upínací pouzdro	28
2.4 Palety.....	29
2.5 Ukázky z praxe.....	30
3 Přenos dat mezi měřícím strojem a CNC frézku.....	32
3.1 Podíl na přenosu dat	32
3.2 Makra	34
3.3 Export dat	35
3.3.1 Forma zápisu	35

4 Diskuze experimentálních prací	36
4.1 Technologický postup	37
4.2 Zaměření obrobku	40
4.3 Frézování	46
4.4 Kontrolní měření po obrábění	51
4.4.1 Vyhodnocené hodnoty	54
5 Technicko-ekonomické zhodnocení	56
6 Závěr	59
7 Seznam použité literatury	60
8 Seznam příloh	61

Seznam použitých značek a symbolů

Nom	hodnota na výkrese podle modelu
Act	hodnota aktuálně naměřená
Dev	odchylka v jednotlivých osách

0 Úvod

Strojírenství je jedno z nejvýznamnějších průmyslových odvětví v České republice, které vyrábí široké spektrum různých strojů, motorů, nástrojů, automobilů, autobusů, vlaků, letadel. Dále se vyrábí zařízení pro továrny a stroje pro zemědělský průmysl. [1]

Strojírenský průmysl měl velkou tradici již mezi první a druhou světovou válkou. V této době patřilo Československo mezi 10 nejúspěšnějších a nejvýznamnějších strojírenských států. Toto dominantní postavení vydrželo až do 80 let. V této společnosti dominantních států mělo Československo nejmenší počet obyvatel. [2]

Většina závodů má strojírenskou výrobu postavenou na dlouhé výrobní tradici z let předešlých. Velkou výhodou strojírenského průmyslu je fakt, že výroba v tomto odvětví nijak neničí a neznečišťuje naše okolní prostředí, ale naopak se mohou vyrábět výrobky, které přispívají k ochraně našeho životního prostředí. [2]

V České republice je výroba rozdělena rovnoměrně, nachází se tu jak menší výrobní závody, tak i velké nadnárodní společnosti. Největší zastoupení strojírenských závodů se nachází ve středních Čechách v Mladé Boleslavi v okolí Prahy, na jižní Moravě poblíž Brna, na severní Moravě u Přerova, ve Slezsku okolí Ostravy, dále ve východních Čechách v okolí Pardubic a Hradce Králové. [2]

Strojírenský průmysl má velmi úzkou návaznost na další průmyslová odvětví, jakými jsou například chemický průmysl, textilní průmysl a dopravní průmysl. Dříve byly strojírenské závody stavěny tam, kde byl nedostatek pracovních míst. Díky strojírenství se vyrovnával sociální propad společnosti v průmyslových a neprůmyslových oblastech. V dnešní době strojírenský průmysl ovlivňuje hospodářský význam České republiky, protože je nejsilnějším odvětvím průmyslu, který zaměstnává také nejvíce obyvatel republiky. [2]

Svojí tradicí patřila naše země a stále patří mezi přední výrobce v dopravním průmyslu. Česká republika leží uprostřed Evropy, což znamená, že je zajímavou zemí pro investování do automobilového průmyslu. Navíc v tomto odvětví zaznamenává značný nárůst produktivity práce, což má za následek i zvyšování výdělků. Největším fenoménem je výroba osobních automobilů, dále se vyrábějí autobusy, nákladní a kolejová vozidla. Automobilová výroba je pro Českou republiku velmi důležitá, protože patří mezi nejvíce

exportované výrobky. Automobilová výroba dosahuje jedné pětiny celkového domácího exportu. [3]

Dalšími odvětvími ve strojírenství jsou:

- spotřební strojírenství
- stavební strojírenství
- těžké strojírenství
- přesné strojírenství [2]

Největší výrobní podniky v ČR:

- Škoda Auto
- Karosa - Irisbus
- ČKD Vagonka
- Škoda Plzeň [3]

V České republice se od devadesátých let používají normy přizpůsobené evropským normám. Do normalizace byly zejména zahrnuty dvě normy, těmi jsou norma ISO a norma CEN. Spolupráci při tvorbě norem zajišťuje Český normalizační institut. [3]

1 Obecná charakteristika paletizace daného problému

Nejvíce nevýrobních, ztrátových časů, kdy stroj neobrábí, vzniká hlavně zdlouhavým upínáním obrobku a následným zaměřením. Až poté začíná vlastní výroba obráběného dílu. Pevné upnutí a zaměření musí obsluha stroje provést na každém díle samostatně, i když je možné, že je více dílů shodných. Jednou z cest jak snižovat nevýrobní časy je zavedení paletizačního systému. Ten dokáže zkrátit ztrátové časy na minimum a není potřeba žádného dalšího upínání a středění na stroji, jelikož se vsadí do upínacího pouzdra, které se tlakem upevní. Obsluha pouze obrobek s paletou, na které je obrobek upevněn, vloží do pouzdra a pouští připravený program pro vyráběný díl. Ustavení a zaměření obrobku na paletu probíhá mimo CNC frézku, jeden díl se obrábí, další se upíná. Vlastní zaměření se provádí na měřicím stroji na pracovišti kontroly, kde obsluha stroje určí pomocí sondy souřadnicové hodnoty obrobku, které uloží do systému. Zde si je sama obsluha CNC frézky vyexportuje do příslušné frézky, kde se bude obrábět. Obsluha program vyvolá, ustaví paletu s obrobkem do pouzdra a spouští frézování. Rapidně klesají ztrátové časy a urychluje se výroba. Paletizační systém není pouze pro CNC frézky, ale také pro další pracoviště, například elektroerozivní obrábění. Tento způsob je moderní a povolna se zavádí do výroby, v budoucnosti umožní robotizaci pracovišť.

1.1. Historie a údaje o společnosti

Společnost Plastic Parts & Technologie je českou soukromou firmou s bohatou minulostí. Historie firmy se traduje až do roku 1927, kde v místech dnešní společnosti sídlila kovoobráběčská a nástrojařská dílna pana Seidla. V roce 1948 vzniká družstvo nástrojařů DRUNA. Druna je v roce 1953 začleněna do Metry Blansko. V roce 2002 Metra Blansko a.s. prodává společnost Ponasu Polička. V té době nesla firma název Ponas Linhartice s.r.o. Roku 2006 se majitelé rozdělují a vzniká společnost pod názvem Plastic Parts & Technologie. Dnes je Plastic Parts & Technologie moderní, prosperující společnost, která se zabývá vývojem, konstrukcí a výrobou vstřikovacích forem na lisování dílů pro automobilový a obalový průmysl. V roce 2005 se firma rozhodla rozšířit pole působnosti o výrobu plastových dílů vstřikovací technologií. Plastic Parts & Technologie v dnešní době zaměstnává okolo 115 zaměstnanců, včetně programátorů, konstruktérů a pracovníků zajišťujících výrobu.

[4]

Společnost nabízí zákazníkům celý proces výroby od tvorby designu, konstrukčního zpracování dílu až po samotnou výrobu. Společnost vyrábí formy, ze kterých následně ve vlastní lisovně lisuje plasty. Od roku 2002 se společnost vypracovala na důležitého dodavatele dílů do automobilového průmyslu. Zákazníci se nachází nejen v Evropě, ale i v dalších oblastech světa. Největším zákazníkem je Německo, další země zastupují USA, Velká Británie, Izrael, Estonsko, Rakousko. [4]

Poslední 2 roky prochází společnost velkou modernizací, která se týká převážně zakoupení nových strojů, jejichž prostřednictvím se společnost chce odrazit k dalšímu průmyslu, jako je například medicínský a obalový. [4]

Roku 2011 se firmě povedlo vyvinout a vzápětí uvést na trh formu na výrobu 38 mm uzávěru určeného k zavírání lahví a kanystrů s obsahem technických kapalin. [4]

1.1.1. Strojní vybavení

Tab.1.1. Strojní vybavení [5]

Technologie	Výrobce stroje	Počet strojů
3-osé CNC frézování	ZPS	1
5-osé CNC frézování	Hermle, Röders	3
Výroba grafitových elektrod	Ingersoll	1
Vrtání hlubokých otvorů	Auerbach	1
CNC soustružení	DMG	1
Elektrojiskrové obrábění	Ingersoll	3
Drátořezání	Fanuc, Mitshubishi	2
CNC broušení průměrů	Kellenberger	1
CNC vrtání otvorů	Auerbach	1
CNC tvarové broušení	Amada	2
Laserové navařování		1
Laserové popisování		1

1.1.2 Nástrojárna

Ve firmě se používají konvenční obráběcí stroje, jako jsou nástrojařské brusky, souřadnicové vrtačky, soustruh, frézky. Je vybavena paketovacími systémy od společnosti EROWA, kterými jsou vybavena všechna 5-ti osá CNC frézovací centra a elektrojiskrové hloubicí stroje. Ruční pracoviště je ve firmě vybaveno 5-ti tunovým jeřábem. [5]

1.1.3 Konstrukce

Konstrukční oddělení, kde se modelují a programují díly, je vybaveno 3D CAD softwarem Solidworks ve verzi 2012. Programátoři pro programování používají CNC strojů používají CAM software WorkNC, tímto softwarem je možno naprogramovat obráběný díl tak, aby dosáhl plynulého 5-ti osého frézování. Zakázky jsou vkládány technologem do Informačního systému „WorkPlan“, ve kterém jsou zakázky v průběhu výroby sledovány. Dále umožňuje zadání technologie výroby, ekonomické hodnocení, plánování výrobních a konstrukčních hodin, vede zakázku po celý proces výroby. [5]

1.1.4. Novinky

Mezi novinky se řadí nové rozšíření strojního vybavení ve firmě. Jedná se o CNC soustruh DMG, 5-ti osou CNC frézku Hermle C30, CNC hlubokou vrtačku Auerbach, CNC brusku na kulato Kellenberger, EJO Ingersoll s robotem. [5]

1.1.5. Kontakt

Plastic Parts & Technology s.r.o.

Linhartice 127

Moravská Třebová 571 01

tel.:+420 461 362 411

email: pptechnology@pptechnology.cz

1.2 Stávající postup výroby tvarových dílů forem v nástrojárně

Všechny pracoviště jsou ve společnosti PP&T uspořádány podle logického pořadí. Mimo výrobní halu je umístěno pracoviště pro přípravu materiálu, kde se daný materiál řeže s přídavkem na obrábění. Vlastní výrobní hala je rozdělena na několik sekcí podle umístění obráběcích strojů. V jedné sekci se nachází klasické hrubovací frézky a soustruh pro výrobu rotačních součástí pro první obrobení s danými přídavky pro další obrábění.

V další části dílny se nachází CNC stroj pro vrtání hlubokých a manipulačních otvorů, dále je zde umístěno CNC obráběcí centrum a CNC frézka pro výrobu grafitových elektrod. Další část haly tvoří stroje na broušení rotačních součástí, tedy broušení průměrů a brusky pro tvarové broušení. Ve společnosti se používají klasické i CNC brusky. Dalším oddělením je ruční pracoviště pro úpravu výrobků, povrchů, vrtání závitů a pro skládání součástí do jedné formy pro zákazníka. Vedle se nachází velká část haly, kde jsou umístěny souřadnicové vrtačky pro vrtání krátkých otvorů přesných roztečí a klasické frézky pro hrubování malých rozměrů. Navazují CNC frézky pro 3-osé a 5-ti osé frézování. Ve stejných místech výrobní haly má dále společnost umístěny stroje pro elektroerozivní obrábění a pro drátové řezání dílů. Dále v hale je umístěna OŘJ (mezioperační a výstupní kontrola), kde se vyrobené díly kontrolují na měřicích strojích. Zde se měřením prověřuje, jak správnost rozměrů, tak povrch dané součásti. Jestliže součást vyhovuje, putuje na příslušné pracoviště a dále se obrábí. V případě neshody je součást kontrolou vrácena k opravě. Vedle výrobní haly je pracoviště, kde je umístěna konstrukce, technologie a pracoviště CNC programátorů. Jednotlivé sekce spadají dle dohody pod mistry, kteří zajišťují bezproblémový chod výroby a rozdělují práci na určitých pracovištích.

1.2.1 Technologie

3-osé CNC frézování: - způsob frézování, kde si vystačíme s osami x, y, z. Mohou se zde obrábět všechny modelové a rámové desky. Tedy součásti, pro které není potřeba otočný stůl. Obráběné desky mají velké rozměry, proto pracovní stůl je odpovídající svou velikostí. Možnost nejen výroby rámových desek, ale také jednodušších tvarových dílů.

5-ti osé CNC frézování: - jeden z nejdůležitějších a nejpoužívanějších způsobů obrábění ve společnosti. Možnosti 5-ti osého obrábění je schopnost obrábět plochy, které jsou pro 3-osé obrábění nepřístupné, tím se zlevňuje a zrychluje výroba. Částečně odpadá výroba elektrod a elektroerozivní obrábění. Používá se pro frézování složitějších tvarových součástí s vysokou přesností v tisícinách milimetru. Tímto způsobem lze obrábět součásti větších rozměrů, přesná sedla a díry. Na 5-ti osé CNC frézce se hrubuje tvar s rovnoměrným přídavkem na obrábění součástí. Po tepelném zpracování se zde dokončují díly s požadovanou přesností a povrchem podle přání zákazníka.

Výroba grafitových elektrod: - při výrobě složitějších tvarů, které jsou nepřístupné pro technologii třískového obrábění, z důvodu ostrých hran, ploch, které zavírají, nebo

s odpovídajícím průměrem frézy neobrobíme menší vybrání a tvary. Proto se vyrábí grafitové, případně měděné elektrody. Vyrábět elektrody je snadný a rychlý způsob, ale technologická příprava je složitější, umožňuje vyrobít nejrůznější složité tvary. Spočívá v možnosti rozdělení složitého tvaru na více menších částí, tudíž se musí vyrobít víc elektrod, aby bylo možné vyrobít na elektrojiskrovém obrábění danou tvarovou dutinu.

Vrtání hlubokých otvorů: - hlubokými otvory myslíme vrtat chlazení do tvarových dílů a součástí. Dále vrtání manipulace, z důvodů vysokých hmotností, která je důležitá pro přemístění na pracoviště a při přemísťování součástí na pracovní stůl daného stroje. Hluboké otvory se mohou obrábět klasickou vrtačkou nebo CNC. Výroba chlazení a manipulace je časově náročnější, ale je nedílnou součástí všech forem. Nejčastěji se otvory vrtají do tvárniku, tvárnic, rámových desek a tvarových dílů, které se rozměry nevejdou na souřadnicové vrtačky.

CNC soustružení: - CNC soustružení je efektivní způsob obrábění. Na CNC soustruhu lze vyrábět rotační díly s vysokou přesností. Pomocí přídavných pohonů je možné provádět jednoduché frézování a vrtání, například otvorů různých kroužků, přírub. Urychluje nám výrobu a šetří strojní časy.

Elektroerozivní obrábění - hloubení: - Jde o obrábění grafitovou, měděnou elektrodou. Používá se pro výrobu tvarově složitých součástí, které nejdu obrábět jinou technologií. Stroje pro obrábění elektrodou mají zásobník, kde jsou uloženy elektrody pro danou vyráběnou součást. Tvarová součást je při obrábění zaplavena v dielektriku. Elektroda působí do místa s určitým podrozměrem, na které je naprogramována. Obrábění je prováděno elektrickým výbojem. Teplota v místě výboje dosahuje až 10 000°C.

Drátové řezání: - Další způsob výroby, který se většinou používá po kalení. Obráběná součást je ponořena v dielektriku. Nástrojem je měděný, povlakovaný nebo mosazný drát. Jsou dodávány v průměrech 0,10, 0,15, 0,20, 0,25, 0,30 mm.[6] Řezáním drátem lze obrábět průchozí otvory, které by se špatně frézovaly. S malým průměrem a vysokou tolerancí přesnosti. Drátem lze řezat tvarově složitá průchozí vybrání. Před drátovým řezáním musí mít obsluha připravené otvory, nazývané provlíkací, které jsou předvrtané, jestliže máme větší obráběný tvar. Při menších průměrech na pracovišti prostřelování se prostřelují díry pro menší průměry. Pracovník do systému zadá souřadnice obráběné díry, nebo vybrání. Stroj najede na dané souřadnice, provlíkne drát skrz předpřipravený otvor.

Poté se začíná obrábět. Obrábí se elektrickým výbojem drátu odvinovaného z cívky, při opotřebení stroj drát ustříhne. Řezání drátem je pomalé, ale velmi přesné.

CNC broušení průměrů: - Broušení průměrů lze použít pro rotační součásti, buď nekalené, nebo po kalení. Broušením lze získat vysokou kvalitu povrchu a zároveň vysokou přesnost, která se pohybuje v tisícinách milimetru. Každý kus se musí zvlášť obsluhou programovat. Samotné obrábění se koná ve vysokých otáčkách. Podle požadované kvality povrchu musí obsluha zvolit vhodný brusný kotouč.

CNC vrtání otvorů: - CNC vrtání otvorů na stroji Auerbach, který je svým způsobem určen pro 5-ti osé obrábění, musí obsahovat děličku. Tento stroj je určen hlavně pro vrtání hlubokých otvorů, ale zvládne klasické otvory a frézování obvodových vybrání. Vrtání otvorů až do délky 1200 mm.

CNC tvarové broušení: - tvarové CNC broušení lze použít, jako broušení povrchů pro součásti, které vyžadují vysokou přesnost, pohybující se v tisícinách milimetru. Lze dosáhnout také vysoké kvality povrchu. CNC broušením se brousí rovné plochy, plochy pod úhly a rádiusy.

Laserové navařování: - operace používané ve firmě slouží pro navařování materiálu, při úpravách a modifikacích již hotových dílů. Navařování se používá k rychlé úpravě obrobků a následnému dalšímu zpracování na příslušných pracovištích.

Laserové popisování: - operace využívaná firmou. Je to operace, kdy se laserově popisují díly podle přání zákazníka, které se nedají na ručním pracovišti vyrazit. Popisují se například čísla dílů, recyklační značky, označení lisovacího materiálu, značka výrobce.

1.2.2 Práce konstruktéra, programátora, technologa

Abychom mohli na těchto strojích pracovat je důležitý výkres, technologický postup a práce programátorů. Konstruktér v počítačovém programu navrhne model. Z něj vytvoří výkres, který se následně vydá a předá se technologovi. Výkresy se vydávají na každou součást tři. Jeden originální, který se archivuje. Další se označí číslem zakázky a jedničkou. Tento výkres se dává do výroby a je využíván při výrobě součástí. Třetí výkres se označí číslem zakázky a trojkou.

Technolog vytvoří technologický postup odpovídající součásti dané na výkrese. Označí barvami místa, která se frézují, erodují, brousí a řezou drátem. Barvy slouží pro větší přehlednost dílenského výkresu a pro lepší orientaci pracovníků ve společnosti.

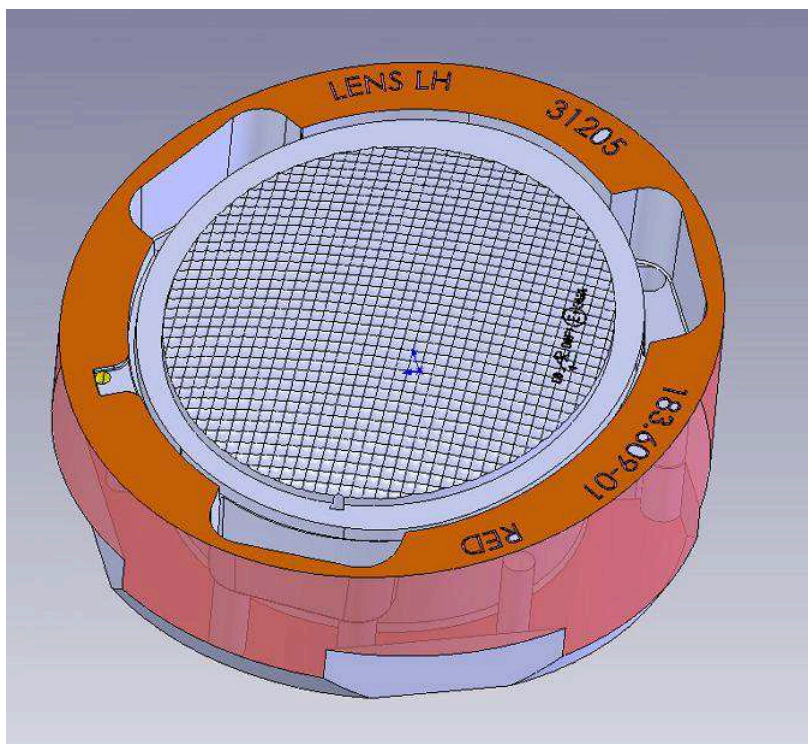
Barvy: - modrá - frézování

- hnědá - obrábění grafitovou elektrodou
- červená - drátové řezání
- zelená - tvarové broušení
- žlutá - broušení průměrů

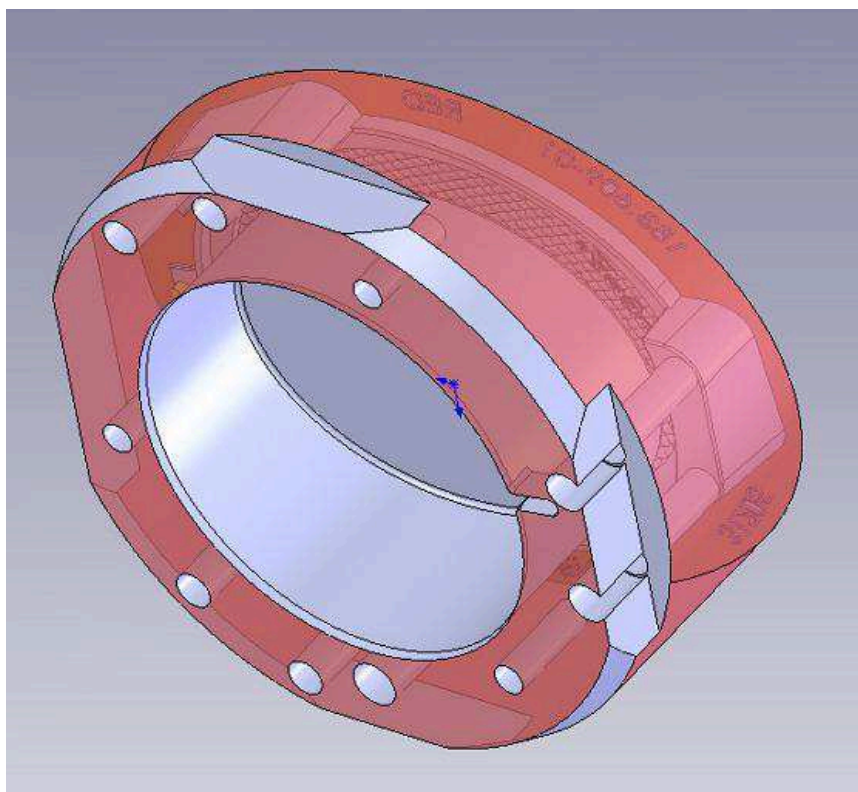
Výkresy s technologickým postupem na jedničkovém výkresu se předají mistrovi, který rozdělí práci na příslušná stanoviště a začíná výroba dílu. Trojkové výkresy se dostávají k programátorům, kteří podle výkresu a barev buď programují na 5-ti osé, 3-osé frézky, nebo modelují grafitové elektrody.

1.2.3 Příklad výroby tvarového dílu

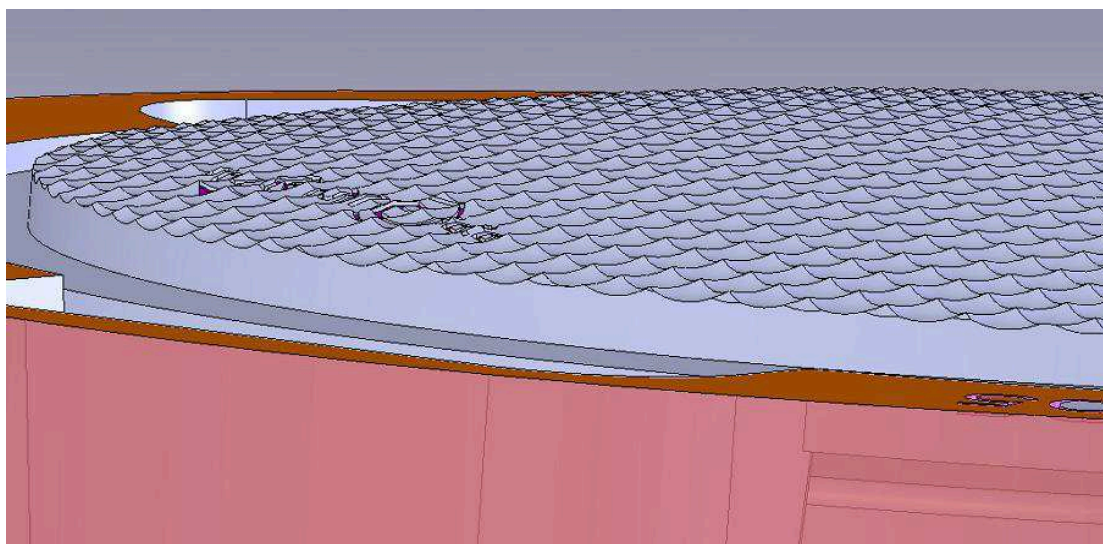
Model



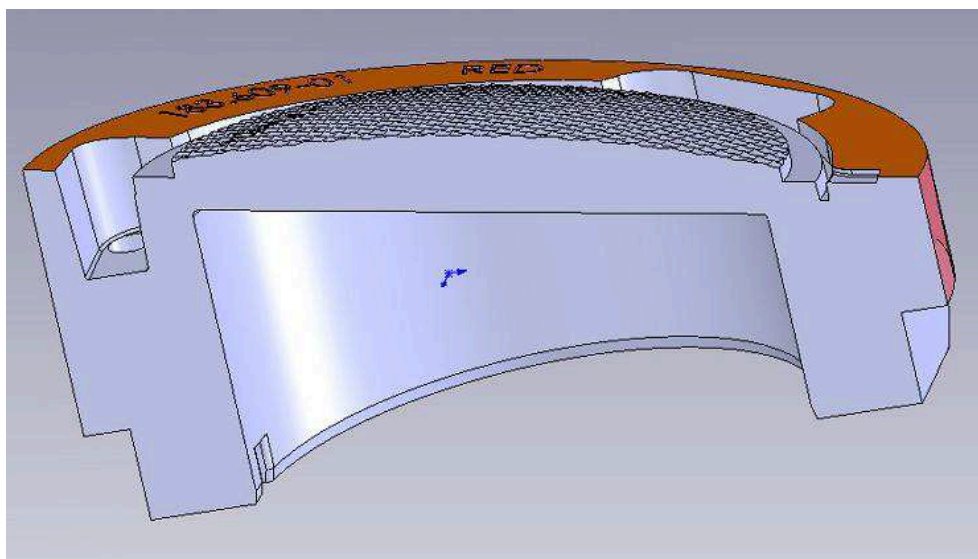
Obr. 1.1 3D Model Vložky VS [11]



Obr. 1.2 3D Model Vložky VS [11]



Obr. 1.3 3D Detailní pohled na povrch obrobku [11]




Obr. 1.4 3D Řez Vložky VS [11]

Výkres

Viz. Příloha A

1.2.4. Technologický postup

TECHNOLOGICKÝ POSTUP				Strana : 1
		Číslo zakázky : 31205/N/001	Vytiskl : 17/01/13 11:28	
		Název zakázky : Forma Lens LHD (č.d.183.609-01)		
Pozice: 100_101		Množství 2	Vytiskl: Vašek Petr	
Popis operace			Kód do výkazu práce	Podpis
č. výk.	Operace	Čas [HOD]		
3	Soustružení na rozměr + Bp a Fp 7x25°hot.	2,50	OP181548	_____
1A	Úhlovat, hrubovat na rozměr Polohovací plošky + Bp	1,25	OP181559	_____
8A	Vrtat otvory v souřadnicích	2,25	OP181549	_____
5A	Frézování dle CNC programu Hrub tvaru, DR, kapes pro blokové vyhazovače a D 90+0,01	4,00	OP181550	_____
19A	Ruční úprava + M	0,50	OP181551	_____
A	Kooperace kalení	0,00	OP181552	_____
12	Broušení průměrů D140+0/-0,03 ,	4,00	OP181553	_____
13	Brousit, slícovat rozměry zakladna+125,00a130,00	1,50	OP181554	_____
5A	Frézování dle CNC programu šlichty	16,00	OP181555	_____
16A	Jiskrové vyřezávání	4,50	OP183636	_____
15A	Erodovat dle elektrod jiskřit s p.102,103,104	10,00	OP181557	_____
19B	Leštění tvarů	3,00	OP181558	_____
N	Kooperace leštění	0,00	OP181556	_____

Zpracováno systémem WorkPLAN - Report number : 84

Konec technologického postupu

Obr. 1.5 Technologický postup [9]

V PP&T probíhá kusová výroba. Z toho důvodu musíme na každou součást vytvořit speciální technologický postup, který je rámcový. Výroba závisí na kvalifikovaných dělnících a mistrech výroby. K zásadám technologického postupu patří, že technolog určí co nejvíce příslušných operací dané součásti na daném pracovišti, aby se díl nemusel znovu upínat na pracoviště, kde se nacházel.

Technologický postup se zapisuje do pracovního programu WorkPlan. Podle čísla na výkresu se založí zakázka, ve které se vytvoří část postupu výroby formy. Obsahuje elektrody, tvary, tvarové desky, rámové desky, ostatní součásti a ostatní kalené součásti. Dle dohody se dané díly ve společnosti technologem umísťují do těchto sekcí. Náš díl s názvem Vložka VS, která je součástí formy Lens LHD, ze které se lisují zadní odrazová světla, patří do kategorie tvarové vložky. Důležitým údajem na výkrese je údaj o kalení. Součásti máme kalené nebo nekalené. Výroba nekalených součástí je většinou jednodušší z důvodů menších požadavků na přesnost a na pevnost ve formě. Technologický postup se tudíž skládá z menšího počtu operací a není tak náročný na výrobu. Naše součást podle výkresu kalená je na 52HRc. U kalených součástí se rozdělují operace před kalením a po kalení. Součást se obrobí na požadovaný tvar s přídávky, kde vyžadujeme tolerované hrany. Před kalením musíme také vyvrtat všechny díry, protože do zakalených součástí se dá vrtat, ale vzniká značné opotřebení vrtáku a je to velmi náročné i časově. Jestliže se jedná o tolerované díry, buď se předvrtají s menším průměrem a následně po kalení na drátořezu dokončí (takovým otvorům říkáme provlíkací), nebo malé otvory se na pracovišti prostřelování prostřelí a následně na drátořezu obrábí. Prostřelovací průměry: D0,3, D0,6, D1,2, D1,5, D1,8, D2,4, D3,0 mm. Velmi důležitým procesem před kalením jsou závity.

Technologický postup obsahuje mimo operací také časy obrábění na příslušném pracovišti. Technolog časy určuje ze svých zkušeností z výroby buď odhadem podle rozměrů součásti a složitosti tvarů nebo podle vzorců pro výpočet jednotlivých operací, což je velice zdoluhavé a neefektivní. Z důvodu termínové listiny se volí první způsob určování časů. Součástí technologického postupu mohou být kooperace.

Kooperace:

Kooperace se týká pouze určitých součástí. Díly jsou vyváženy mimo společnost do specializovaných pracovišť v jejím okolí, kde se podle technologického postupu a výkresových požadavků dále zpracovávají. Kooperace se využívají z důvodů finančních a nákladových úspor. Například kalírna je velmi finančně náročná na vytápění pece, přičemž

pro kusovou výrobu a pár zakalených součástí by byla velmi prodělečná. Tudíž spolupráce přímo se specializovanou kalírnou je finančně méně náročná.

Využití kooperace:- kalení a další tepelné zpracování

- leštění
- broušení - používá se pro broušení velkých rámových a tvarových desek

Vložka VS:

Každá operace začíná přihlášením se do systému WorkPlan. Po dokončení výroby na svém pracovišti se dělník odhlásí z operace a předá obrobek mistrovi, který ho podle technologického postupu předává na další pracoviště.

Výroba:

Jedná se o součást kruhového tvaru, první operací je soustružení na rozměr.

Součást se soustruží na soustruhu s brousícími přídávky a frézovacími přídávky. Brousící přídavek činí 0,4 mm, frézovací přídavek 0,5 mm. Osoustruží se na technologem požadované rozměry, tedy 140,40 mm x 62,27 mm. Na zadní straně se obrobí i zkosení 7x45° na požadovaný rozměr. Vyrobí se nahotovo jedním upnutím před kalením a bez přídavek. Použijeme typ soustruhu SV 18 RB.

Dle technologického postupu následuje operace úhlovat, hrubovat na rozměr.

Po osoustružení na požadované rozměry následuje dle výkresu ofrézování polohovacích plošek. Polohovací plošky se hrubují s brousícím přídávkem. Plošky se ofrézují na rozměry 130,40 mm x 125,50 mm. Frézuje se na klasické frézce. Jelikož díl má větší rozměry, musíme vybrat frézku podle velikosti posuvu a pracovního stolu, abychom mohli správně obrábět. Vybereme typ stroje FGSH 50

Další operací v technologickém postupu je vrtat otvory v souřadnicích.

Vyvrtáme, podle souřadnic, otvory pro M8 do hloubky 16 mm v toleranci $\pm 0,1$ mm. Následně připravíme pro drátořez otvory D8 průchozí $\pm 0,01$ mm. Příprava spočívá ve vytvoření provlíkáčích otvorů s menším průměrem. V našem případě zvolíme D5 průchozí. Technolog musí do výkresu otvory označit a vynést orientační úsečku, ve které uvede průměr otvoru, jestli je otvor provlíkáč a je obráběn na vrtačkách, nebo se otvor

prostřeluje na stanovišti prostřelování. V našem případě z důvodů velkého průměru vrtáme na stroji HECKERT 450.

Máme vyvrtáno, vytvořeny polohovací plošky, následuje operace frézování podle CNC programu.

Technolog označí při tvorbě postupu modrou barvou na výkresu všechny plochy a otvory, které se budou frézovat. V našem případě se nejdříve bude hrubovat tvar celé součásti. Po hrubování tvaru se frézují drážka $D90 \pm 0,01$ mm, kapsy pro blokové vyhazovače a otvor $D10H7$ do hloubky 20 v toleranci $\pm 0,01$ mm. Z důvodu složitosti součásti je strojní čas větší. Frézujeme na stroji HERMLE C 30 DYNAMIC.

Poslední operací před kooperací kalení je ruční úprava.

Ruční úprava spočívá ve výrobě závitů do měkké nezakalené součásti. Používají se ruční závitníky nebo vrtačky. Vyrábí se na ručním pracovišti.

Poté se díl předá mistrům, kteří ho společně s dalšími díly připraví na expedici s dílenskými výkresy do příslušné kalírny. Doporučená doba kalení jsou 4 dny.

Kalení:

Kalení je tepelné zpracování, při němž dochází k zahřátí na vysokou teplotu a následnému prudkému ochlazení. Kalením se dosáhne požadované tvrdosti, ztrácí se houževnatost a tím je i větší křehkost obrobku. Zakalené součásti dosahují vysoké mechanické a fyzikální vlastnosti. [7]

Po kooperaci kalení následují operace, které nám určují přesné, tolerované rozměry, jak ploch, tak otvorů. První operací po kalení je broušení průměrů.

Broušení průměrů se koná na stroji KELLENBERGER - KEK - VIVA VR 15/1000. Brousí se průměr s přídavkem, který soustružník obrobil na tolerované konečné rozměry. Podle výkresu brusič brousí na $D140+0,00/-0,03$ mm.

Po broušení průměrů následuje operace brousit, slícovat rozměry.

Brousit, slícovat rozměry znamená tvarové broušení ploch. V našem případě se jedná o broušení polohovacích plošek s přídavky na konečné rozměry 130,00 a 125,00 mm. Dále budeme brousit základnu dílu. Tvarové broušení provádíme na stroji BPH 20 NA.

Následuje operace frézování dle CNC programu.

Před kalením se kus hruboval. Po tepelném zpracování následuje dokončení tvaru, otvoru, drážek a kapes. V technologickém postupu máme uveden šlicht, což je obrábění načisto (dokončování tvaru), při němž se snižují otáčky a posuvy. Dokončováním tvaru obrábíme součást na přesné rozměry, tudíž strojní čas oproti hrubování je mnohem větší. Obrábění musí být velmi přesné a precizní. Práce načisto se provádí na stejné frézce HERMLE C 30 DYNAMIC.

Další v pořadí operací je jiskrové vyřezávání.

Jiskrové vyřezávání (řezání měděním drátem) se koná na stroji MITSUBISCHI FA 20S. Obrábí se předpřipravené provlékací otvory D5. Obsluha naprogramuje přesné souřadnice všech otvorů a dochází k obrábění na rozměr $D8 + 0,02$ mm. Řezání drátem je velmi přesné obráběcí zařízení, ale rychlost obrábění je velmi malá.

Jednou z poslední operací před skládáním do formy je erodování dle elektrod

Nástrojem je grafitová elektroda, v našem případě bude jedna velká na tvar čela. Obrábíme na stroji INGERSOLL.

Před poslední operací se celý kus dává ke kontrole.

Následuje leštění tvarů

Leštění tvarů se provádí na ručním pracovišti. Odstraňujeme nečistoty, leštíme požadované tvary, dosahujeme technického lesku.

Poslední operací je na žádost zákazníka dosažení zrcadlového lesku.

Zrcadlový lesk se provádí přes kooperaci. Hotový díl se dopraví do specializovaného centra pro leštění a docílí se požadavků zákazníka. Doba pro leštění je jeden den. Poté se díl přiveze zpátky do společnosti.

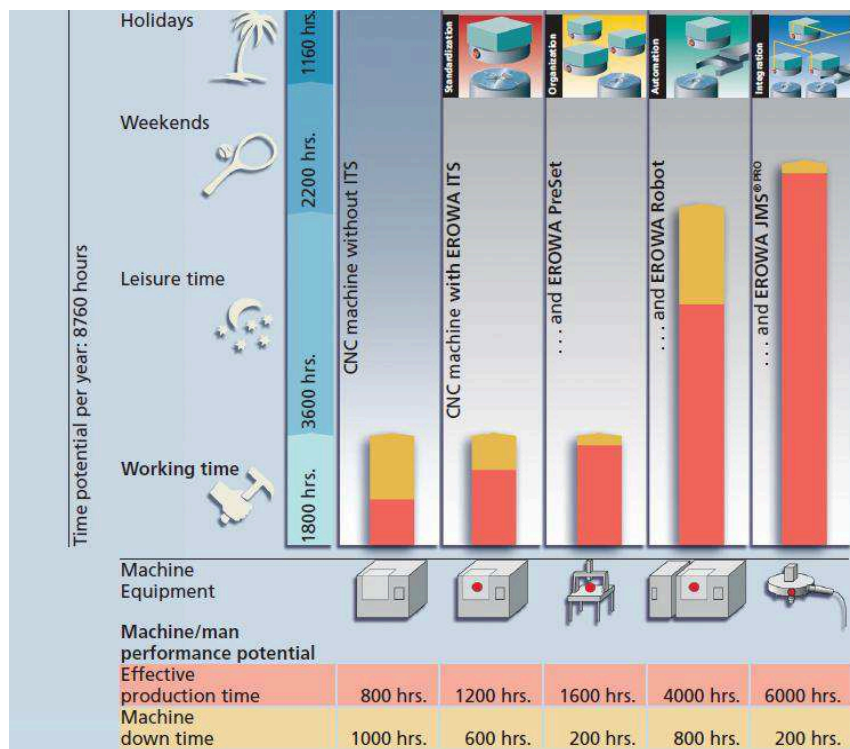
Až jsou všechny součástky vyrobené, tak se na ručním pracovišti skládají postupně do jedné formy, ze které se poté bude lisovat pro zákazníka.

2 Paletizace - princip, přínosy

Při výrobě se nejvíce neproduktivních časů vytváří při upínání obrobku na pracovní stůl stroje. Jestliže si obsluha CNC stroje dá opravdu záležet na důkladném upnutí obrobku na pracovním stole a následném zaměření nulových bodů v souřadnicích x, y, z, celý proces, kdy stroj je zastaven a neobrábí, trvá až několik desítek minut. Teprve poté následuje spouštění stroje a začíná obrábění. Proces, kdy stroj neobrábí, se nazývá ztrátový čas.

2.1. Způsoby upínání obrobků na palety se zaměřením na opakovatelnou přesnost

K zamezení ztrátových časů se používá standardizace upínání (paletizace). Paletizací rozumíme proces, při kterém ztrátové časy omezujeme na minimum, řádově na sekundy. Stroj obrábí obrobek na paletě. Mezitím, co je stroj v záběru, pracovník si upíná obrobek na další paletu mimo stroj. Po dokončení obrábění obsluha vyndá paletu s hotovým obrobkem a dá do stroje paletu s obrobkem, který se bude obrábět. Je to mnohem efektivnější a rychlejší způsob bez dalšího zaměřování obrobku. Poslední dobou má paletizace veliký rozmach, ve světě je používána a zaváděna do většiny společností.



Obr. 2.1 Porovnání časů paletizace [8]

Podle přiloženého obrázku lze snadno vyčíst efektivní obráběný čas v porovnání s časem, kdy stroj neobrábí a je zastaven. Bez použití palet, tedy upínání obrobku například do svěráku je spočítáno, že čas obrábění je 800 hodin, ale neefektivní čas, kdy stroj není v záběru, činí 1000 hodin. Jestliže se zavede použití paletizačního systému, zvýší se nám efektivní čas obrábění na 1200 hodin a sníží se čas, kdy stroj nepracuje na 600 hodin. K dalšímu zvýšení efektivního času vede použití paletizace v kombinaci s CNC měřicím strojem. Čas obrábění se zvedne na 1600 hodin a čas stroje bez záběru se sníží na 200 hodin. Už zde je patrný rozdíl mezi upínáním do svěráku nebo použitím paletizačního systému. K ještě lepší efektivitě obrábění lze použít paletizační systém s použitím robota. Robot pomocí mechanické ruky dodává do stroje palety s obrobky, ve velkých firmách mohou být roboti naprogramováni přes počítač a místo člověka pohybem po pásu dodávají do strojů obrobky. Za pomoci robota se efektivní čas výkonu obrábění zvýší až na 4000 hodin, naproti tomu stroj neobrábí pouze 200 hodin. Úplně nejlepší, nejefektivnější, ale velmi drahý je způsob paletizace za pomoci čipové správy dat. Čas obrábění se dostává až na 6000 hodin a stroj není v záběru pouhých 200 hodin.

2.2. Zavedení paletizace

- standardizace - zavedení paletizace a zavedení nulového bodu
- organizace - zavedení paletizace s měřicím strojem
- automatizace - za pomoci robota
- integrace - pomocí čipové správy dat

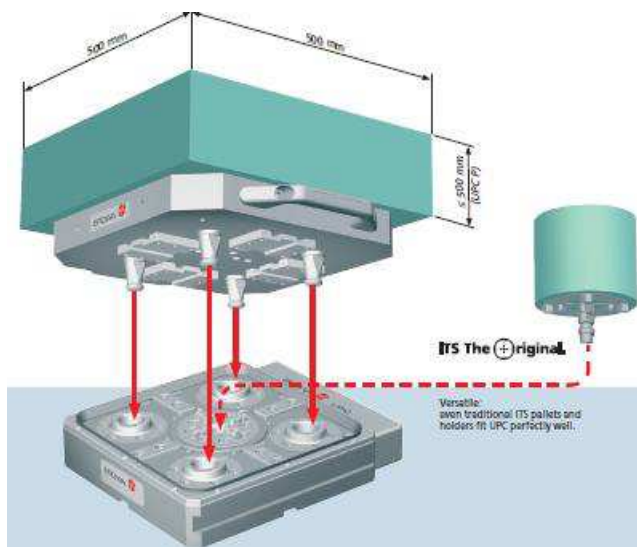
[8]

Paletizační systém je možné použít při téměř všech důležitých operacích při obrábění. Firma EROWA vyrábí palety pro soustružení, frézování, broušení, erodování podle elektrod a také při použití pro měření obrobku na kontrole. Pouze pro drátořezání se musí použít jiný (speciální) paletizační systém, který je určen pouze pro danou operaci. Manipulace s paletou ze stroje se provádí buď ručně, za pomoci jeřábu nebo robota. Palety jsou univerzální do všech strojů. Ale vyrábí se i speciální, pouze na jednotlivé stroje, například na frézky. Velkou výhodou paletizačního systému je nejen zkrácení nežádoucích ztrátových časů, ale i schopnost přerušit práci z důvodů upřednostnění jiné zakázky nebo při zlomení nástroje. Tudíž se celá paleta vyndá, mezitím může obsluha nasadit jinou zakázku a obrábět. Poté se nasadí zpátky původní paleta a pokračuje se v obrábění, kde program skončil, bez přeměňování obrobku.

Ve společnosti PP&T se jako původní používalo upnutí do strojního svěráku. Celá operace upínání probíhá za klidu stroje. Obráběná součást se musí pevně upnout a vyrovnat, aby se při záběru nástroje zabránilo nežádoucímu pohybu součástky. Po důkladném upnutí obsluha frézky zaměří osové souřadnice obráběné součásti. I v této činnosti stroj stojí a neobrábí. Dochází ke ztrátovým časům. Jedno upínání a zaměřování trvá okolo 10 minut, záleží na složitosti a velikosti upínaného obrobku. Teprve až po těchto nezbytných krocích následuje zavedení stroje do záběru. Když si vezmeme v úvahu počet dílů, které musíme samostatně upínat a zaměřovat, byla tato původní metoda upínání velmi nepraktická. Proto se firma rozhodla zavést paletizační systém, který omezuje problémové ztrátové časy a urychluje výrobu dílů. U paletizačního systému odpadá hluché místo, kdy stroj neobrábí, téměř na minimum. Nezaměřuje se díl, ale pouze pouzdro palety. Jednou za měsíc se přeměří pro případ mírných odchylek, aby obrábění bylo přesné. V této oblasti, jednou za měsíc, stroj na 3 minuty stojí a vytváří ztrátové časy. Upínání na paletu se provádí mimo stroj, který stále pracuje a obrábí obrobek. To samé platí při zaměřování obrobku na paletě. Stroj také obrábí a zaměření se provádí mimo stroj. Jediná operace, kdy se vytváří pravidelně ztrátový čas v paletizačním systému, je výměna palety společně s načtením korekcí, jelikož výměna palety bez zvedacího zařízení nám zabere zhruba 10 sekund, změna korekce a spuštění programu nám zaberou zhruba 45 sekund. Z toho vyplývá, že ztrátové časy i při výměně palety nejsou nijak velké v porovnání s klasickým upínáním, které bylo několikanásobně vyšší.

Součástí paletizačního systému v PP&T je CNC měřicí stroj CMM Qi od firmy EROWA. Měřicí stroj se nachází v oddělení kontroly, veškerá data jsou centrálně ukládána a do příslušného stroje dopravována přes firemní počítačovou síť. Celý proces paletizace je závislý na souhře více pracovníků na různých pracovištích společnosti. Nejprve konstruktér založí do systému číslo příslušné zakázky, ke které se díl vztahuje. Rovněž vytvoří pozice pro obrábění s počty kusů. Modelář elektrod doimportuje k dílům elektrody s příslušným počtem kusů. Obsluha na OPS (třiosé frézky na výrobu elektrod) přiřadí elektrodám příslušnou paletu. Obsluha měřicího stroje podle palety měří korekci v bodě nula obrobku proti nulovému bodu pouzdra. Obsluha obráběcího stroje exportuje korekci pro daný stroj, nahrává a používá korekci v systému PGM. Poté následuje samotné obrábění na paletě. Po obrábění následuje na téže paletě kontrola vyráběného dílu. Po schválení daných rozměrů paleta putuje dle technologického postupu na další pracoviště. V případě zjištění rozměrových nebo tvarových nepřesností se paleta znovu přemístí k frézce. Obsluha frézky

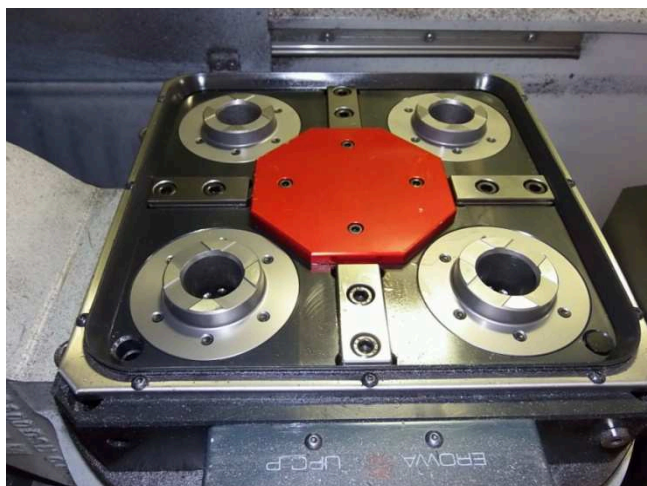
opět nasadí paletu do pouzdra a znovu spustí bez dalšího naměřování nulových bodů program k dokončení obrobku s přesnými tvary a rozměry.



Obr. 2.2 Upínací pouzdro, paleta a obrobek [8]

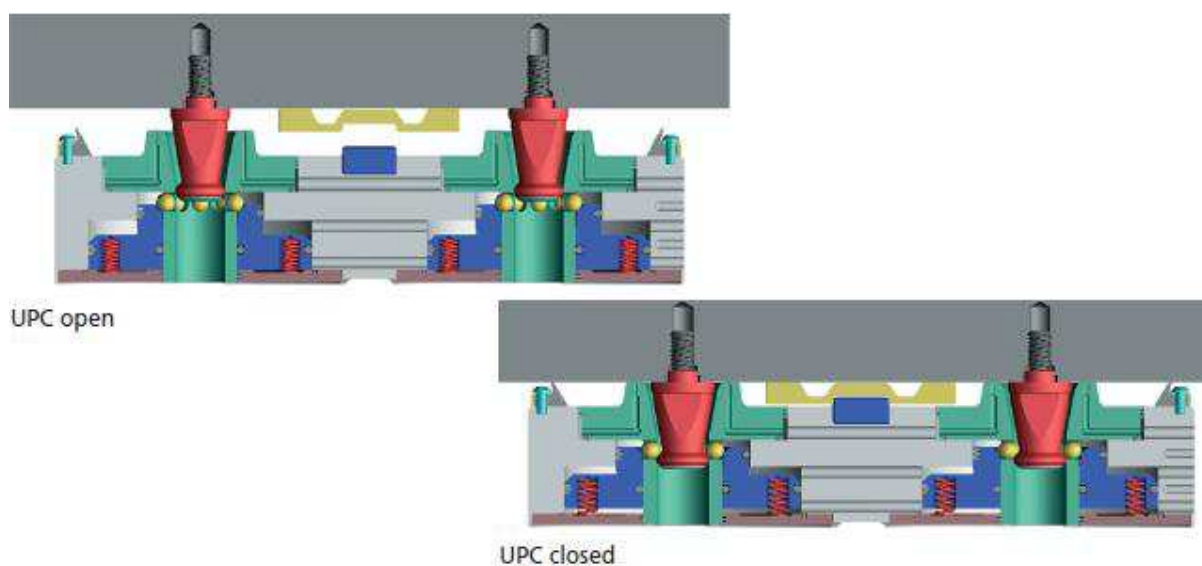
Palety i upínací pouzdra se vyrábějí v mnoha způsobech, velikostech a tvarech. Podle potřeb firmy se dají z katalogu od společnosti EROWA vybrat různá provedení. Společnost EROWA má na paletizační systémy několik patentů a z toho důvodu pořízení systému je nákladné, ale postupem času se velmi vyplácí. Na samotnou paletu se dá obrobek upnout svěrákem, šroubem s upínkami nebo pomocí speciálního přípravku.

2.3. Upínací pouzdro



Obr. 2.3 Upínací pouzdro

Upínací pouzdro je základním a nejdůležitějším prvkem paletizačního systému. Pouzdro je upevněno na stroji. Pouzdro potřebuje tlakové ovládání pouze pro své otevření. Ovládání je tlakovým vzduchem nebo hydraulicky. Minimální ovládací tlak musí být 6 barů.[8] Pouzdro je možné ovládat přímo ze stroje pomocí adaptéru, nebo tlakem vzduchové pistole. Výchozí stav pouzdra je upnutí, to znamená, že i v případě vypadnutí elektrického proudu nebo odpojení ovládacího média nedojde k posunu obrobku. Paleta je v pouzdru upnutá pomocí kuliček, které zabráňují jeho uvolnění při obrábění. Pro každý čep palety je v upínacím pouzdře 8 kuliček pro zajištění. Pouzdro zajišťuje velmi vysokou opakovatelnost upnutí až 0,002 mm.[8]



Obr. 2.4 Schéma upnutí [8]

Ve výrobě se používají hlavně dvě pouzdra:

- UPC

- UPC P „Production”

[8]

Obě pouzdra jsou vyrobená na stejné bázi. Liší se v rozměrech a způsobu upínání na stůl stroje, kde UPC pouzdro je menší oproti UPC P, které je vyrobeno pro větší obrobky, ale má menší upínací sílu, ale i menší pracovní plochu. UPC pouzdro má upínací sílu 32,000 N a UPC P má až 50,000 N.[8] Z důvodu větších obrobků mohou být nežádoucí síly působící na obrobek dost vysoké, tak proto tak velká upínací síla.

2.4 Palety

Palety máme speciální pro zaměřování nulových bodů souřadnic v CNC měřicím stroji nebo pro upínání obrobku při obrábění. Jsou v provedení v několika způsobech, liší se buď

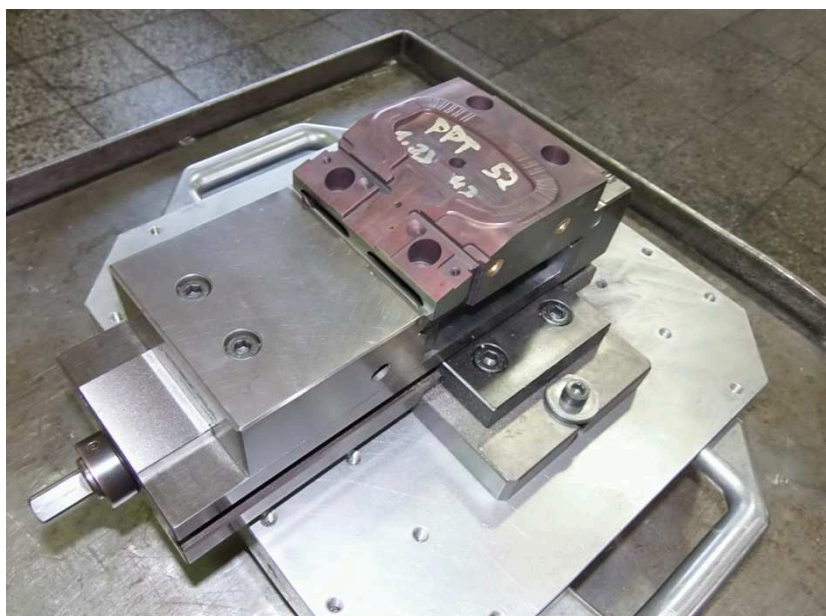
rozměry nebo otvory pro upínání obrobku. Jsou složeny z hliníkového odlitku, upínacích čepů, které zapadají do pouzdra, ucha pro přenos a lepší manipulaci s paletou a grippery pro robota. Jsou i speciální redukční palety pro přechod z jednoho paletizačního systému na jiný. Ke srovnání a naměření nulového bodu pouzdra se používá speciální rovnací UPC paleta, sloužící k zarovnání úhlové plochy a k určení středu pouzdra.

Upínání obrobku je možno magneticky nebo redukčně na jiný upínací systém.

2.5 Ukázky z praxe



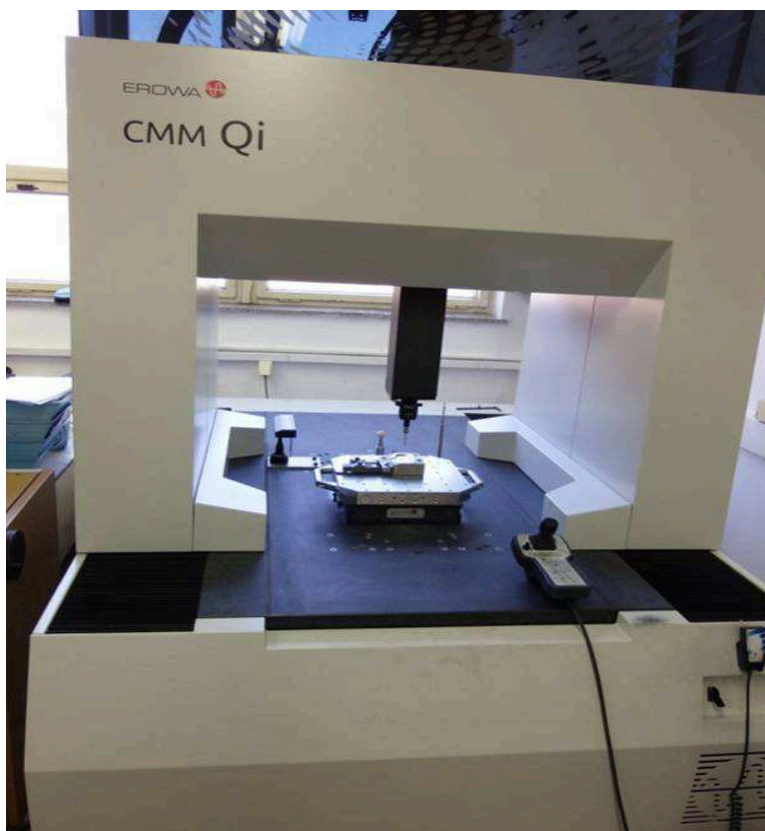
Obr. 2.5 Rovnací UPC paleta



Obr. 2.6 Paleta, na které je upnut svěrák s obrobkem



Obr. 2.7 Obsluha upíná obrobek, mezitím stroj obrábí



Obr. 2.8 Paleta před obráběním upnutá na měřícím stroji CMM Qi

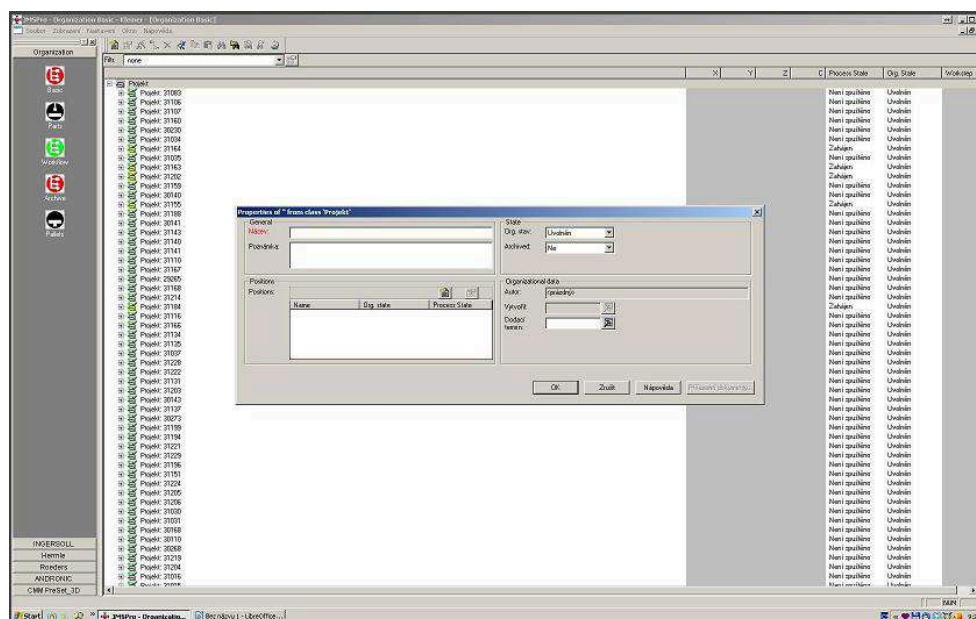
3 Přenos dat mezi měřícím strojem a CNC frézku

Přenos dat mezi měřícím strojem a CNC frézku je dán softwarem JMSPPro, což je databázový software na bázi klient - server. Systém ukládá data v neutrálním formátu a požadovaný tvar exportu je dán až postprocesorem. Z toho důvodu lze snadno přeorganizovat práci na strojích. Ve firmě jsou tři 5-ti osé CNC frézky. Hermle C30, Hermle C40 a Röders. Jelikož si data exportuje sama obsluha CNC frézky před samotným obráběním, nedochází k přeplnění jednoho stroje a práce je rovnoměrně rozdělována. Další výhoda exportu samotnou obsluhou je ta, že je možné si předat obrobek z jednoho stroje na druhý a to z důvodu urychlení výroby obrobku, který se musí přednostně udělat. Tím nemusíme zastavovat práci u frézky, která obrábí, ale po domluvě s mistrem si obsluha frézky, která neobrábí, vyexportuje data a obrábí obrobek, který je důležitý kvůli termínové kolizi.

3.1 Podíl na přenosu dat

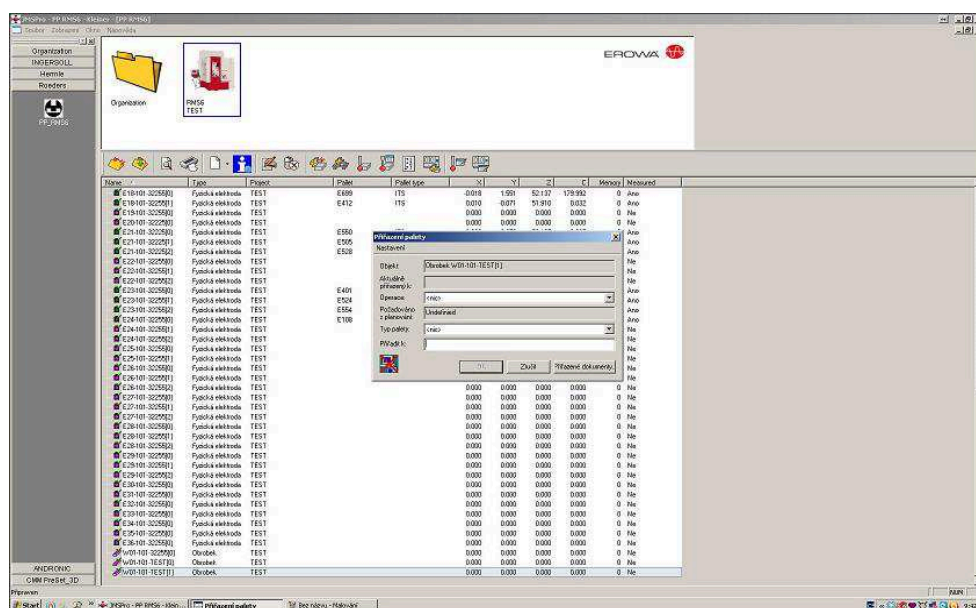
- konstruktér
- modelář elektrod
- obsluha CMM Qi stroje
- obsluha frézky

Pro přenos dat musí konstruktér nejdříve v systému založit číslo zakázky a zároveň do zakázky přidává čísla obrobků, která zakázka obsahuje. Součástí založení zakázky je počet kusů jednotlivých obrobků a informace o termínu dodání zakázky.



Obr. 3.1 Vytvoření zakázky [10]

Po vytvoření zakázky modelář elektrod importuje elektrody podle daného označení do čísla zakázky stejného označení. Modelář elektrod do databáze doplní počty kusů elektrod. Elektrody se přidávají pro všechny obrobky v čísle zakázky, které obsahují obrábění elektrodou. Po importu elektrod se v systému vytvoří fyzická elektroda, která obsahuje logickou elektrodu. Logická elektroda je konkrétní druh elektrody, zatím co fyzická obsahuje počet kusů logické elektrody.



Obr. 3.2 Import elektrod [10]

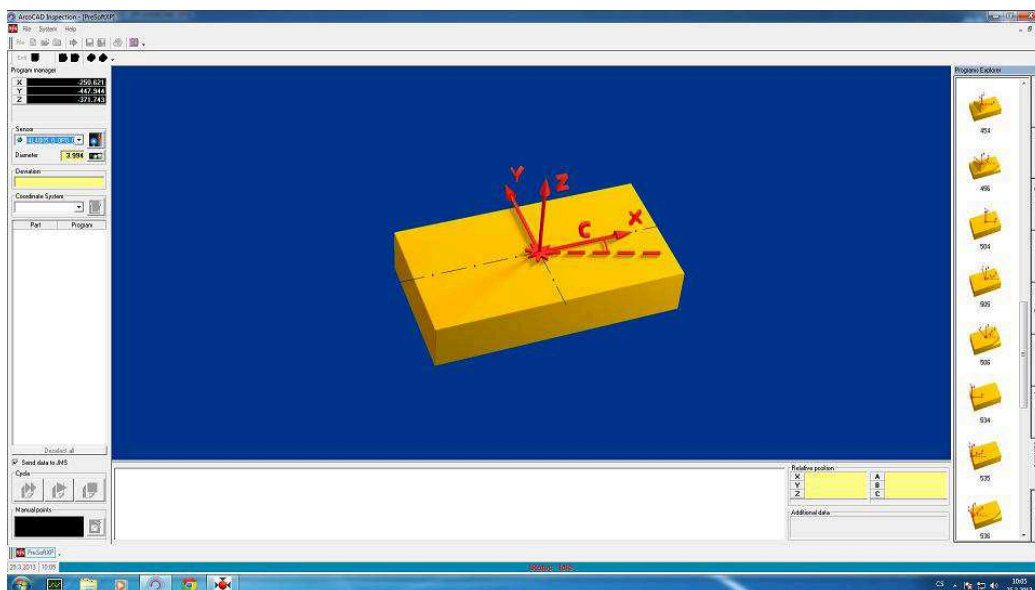
Poté následuje přiřazení obrobku k paletě. Na každé paletě je vyraženo číslo, které charakterizuje každou paletu, popřípadě může být paleta doplněna čipem pro rychlejší zpracování. Po upnutí obsluha CNC frézky přiřadí obrobek k paletě. Obrobek na paletu upíná obsluha z důvodu důkladné tuhosti upnutí a polohy upínacích prvků s ohledem na následné frézování. Upevněný kus se dopraví na kontrolu, kde obsluha CMM Qi stroje sejme čip, když je jím paleta vybavena, jinak zapíše číslo palety do systému.

3.2 Makra

Obsluha měřicího stroje nasadí upevněnou paletu do upínacího pouzdra a zaměří obrobek pomocí vybraného makra měřicího systému ArcoCAD Inspection. Makra volí obsluha podle určeného nulového bodu. Nulový bod vytváří konstruktér a je dán ve výkresové dokumentaci. Makra jsou předpřipravené podle nejčastěji používaných. Mohou být například s nulovým bodem ve sražení hrany nebo s natočením v ose c, které je nejpoužívanější. Mohou být i makra bez natočení, ale muselo by dojít ke shodě osových křížů obrobku a upínacího pouzdra, což je téměř nemožné. Proto se používá natočení c ke korekci os.

Další makra: - kružnice

- kužel
- v drážce
- koule



Obr. 3.3 Ukázka makra [12]

3.3 Export dat

Obsluha měřicího stroje paletu s obrobkem předá obsluze CNC frézky. Pracovník si ze sítě vyexportuje korekce pro daný stroj, který obsluhuje. Není možné například, aby pracovník, který obsluhuje frézku Rödgers, exportoval korekci pro Hermle C30, protože každá korekce se zapisuje jinak a každý stroj vyžaduje jiný zápis hodnot. Po nahrání korekcí se může začít obrábět.

3.3.1 Forma zápisu

```
PAL0 X25.423 Y1.003 Z19.998 C12.025
```

Obr. 3.4 Rödgers

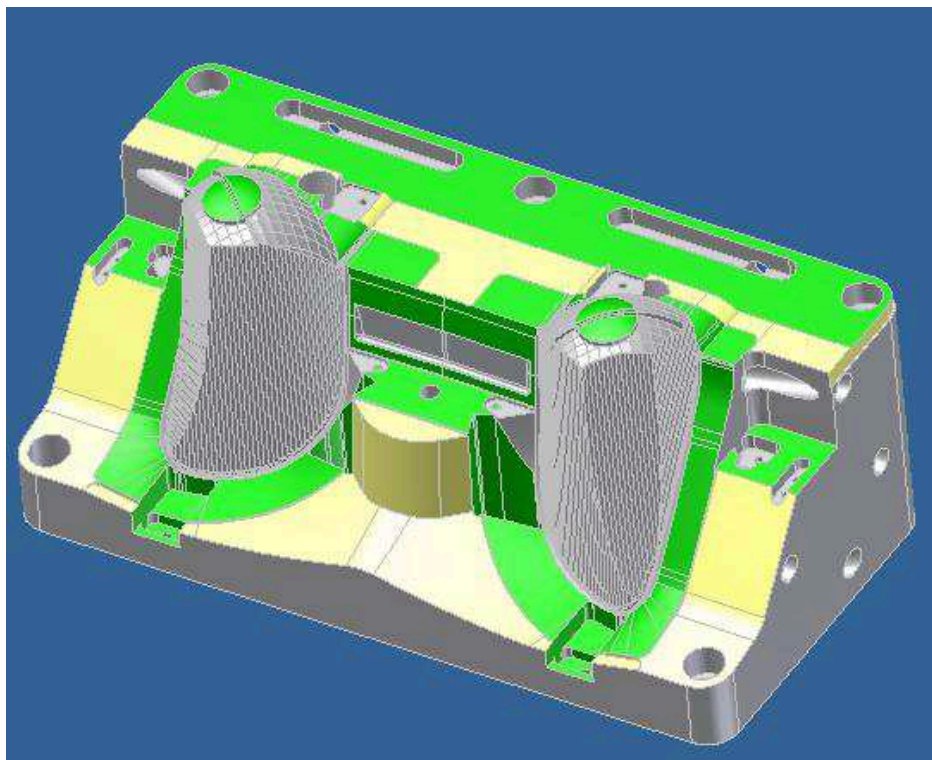
```
0 BEGIN PGM Hermle MM  
1 ;W01-101-TEST-0  
1 CYCL DEF 7.0 NULLPUNKT  
1 CYCL DEF 7.1 X+25.074  
1 CYCL DEF 7.2 Y-4.316  
1 CYCL DEF 7.3 Z+19.998  
1 CYCL DEF 7.4 C+192.025  
1 END PGM Hermle MM
```

Obr. 3.5 Hermle

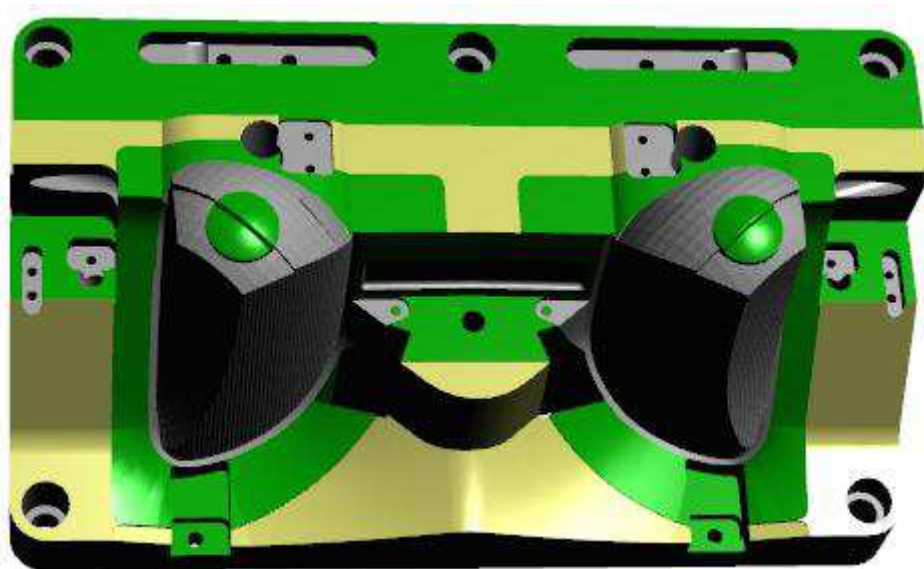
Zápis na frézky Hermle C30 a Hermle C40 je stejný.

4 Diskuze experimentálních prací

Pro praktické přeměření jsem zvolil tvárnici, která je součástí formy, ze které se lisují reflektory.



Obr. 4.1 3D model tvárnice ze zakázky 33014 pozice 100 [11]



Obr. 4.2 3D model tvárnice ze zakázky 33014 pozice 100, z jiného pohledu [11]

Výkres:

Viz. Příloha B

4.1 Technologický postup

Operace:

- úhlovat, hrubovat na rozměr:

- hrubovat na rozměr je první operace z důvodu větších základních rozměrů obrobku. Obsluha upraví rozměry podle technologických požadavků s brousícími přídávky a v této operaci zhotoví 4 zaoblení hotově.

- broušení ploch, úhlování:

- jelikož se jedná o obrobek, který nemá ve výšce rovnou hranu, brousí se dno, boční, přední a zadní stěny. Součást se brousí, ale nechávají se přídávky na broušení po kalení. Přídávky činí 0,5 a 0,6 mm.

- vrtat chlazení, manipulaci:

- pro lepší manipulaci s obrobkem a pro chlazení součásti.

- obrábět dle programu:

- frézování, při kterém se pouze hrubuje tvar s přídávky na stěnu 2 mm, obrábí se na 3-osé frézce.

- vrtat otvory v souřadnicích:

- podle výkresu se vrtají díry větších průměrů, ať průchozí nebo neprůchozí. Dále technolog určí a následně označí na výkresu menší průchozí provlíkácí díry, které slouží jako příprava pro drátořez.

- kooperace kalení:

- v této operaci se součást ještě nekalí, ale normalizačně žíhá pro odstranění vnitřního pnutí.

- frézování dle CNC programu:

- z důvodu prvního frézování dílu na 5-ti osé frézce se hrubuje tvar, frézují se šikmé díry, vybrání, sedla.

- ruční úprava:

- před kalením se na ručním pracovišti zhotoví závity, které jsou označeny na výkrese.

- kooperace kalení:

- po ručním zpracování se díl pošle do kalírny, kde se 4 dny bude kalit na požadovanou tvrdost, uvedenou na výkresu.

- brousit, slícovat rozměry:

- po kalení vždy následuje nejdříve broušení. Brousí se na konečné, přesné, konstruktérem určené tolerované rozměry.

Po těchto všech nezbytně nutných operacích, které jsou součástí kvalitní výroby, se díl dostává do fáze opětovného frézování, kterým se budu zabývat.

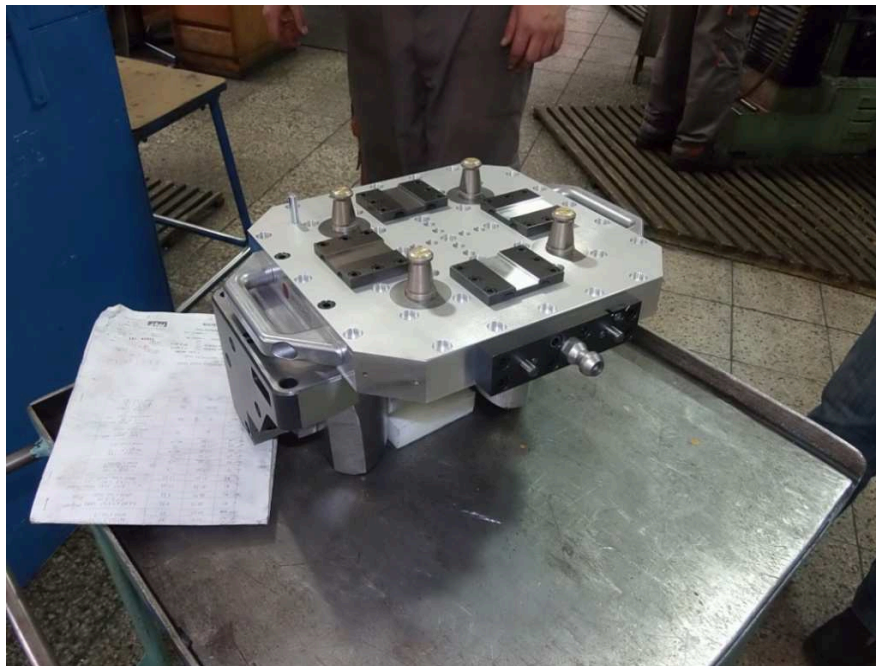
- frézování dle CNC programu:

- druhé frézování je frézování součásti načisto. Po broušení se díl přemístí před frézku, na které se bude následně obrábět. Zde obrobek dostane konečné rozměry šikmých děr, vybrání a sedel, které se nejdříve hrubovaly. Pouze při frézování tvaru součástí se nechá přídavek na leštění, který činí 0,01 - 0,015 mm.



Obr 4.3 Obráběná součást s výkresem bez palety

Obsluha CNC frézky přiřadí obrobku paletu a upevní mimo stroj, pomocí dostatečného počtu šroubů, tak aby nedošlo k nežádoucím posuvům obrobku na paletě.



Obr. 4.4 Paleta připevněná k obrobku

Po upevnění palety následuje přesunutí na kontrolu, kde se součást zaměří, aby se následně mohla frézovat. K přesunu a upevnění na měřicí stroj se použije mechanického vozíku, čímž se zajistí lepší manipulace s obrobkem.



Obr. 4.5 Za pomoci obsluhy se naloží obrobek na mechanickou ruku vozíku



Obr. 4.6 Mechanický vozík s obrobkem

4.2 Zaměření obrobku

Pracovník dopraví manipulační vozík s obrobkem na kontrolu, kde se zaměří obrobek. Nejdříve je nutné zaměřit nulové body pouzdra a rovnací palety. Nejdříve provede obsluha zaměření pouzdra, které je součástí měřicího stroje bez palety. U upínacího pouzdra se zaměřují vybroušené plošky. Poté se na pouzdro nasadí rovnací paleta a následuje její zaměření. Zaměřuje se rovina a střed palety. Nulový bod součásti, který je dán konstruktérem, leží podle výkresu ve středu obrobku. Až poté je možno zaměřit obrobek.



Obr. 4.7 Zaměření pouzdra na vybroušené plošky

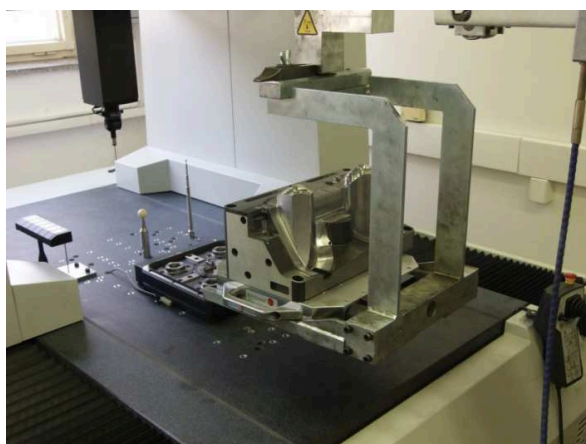


Obr. 4.8 Rovnací paleta zaměření roviny

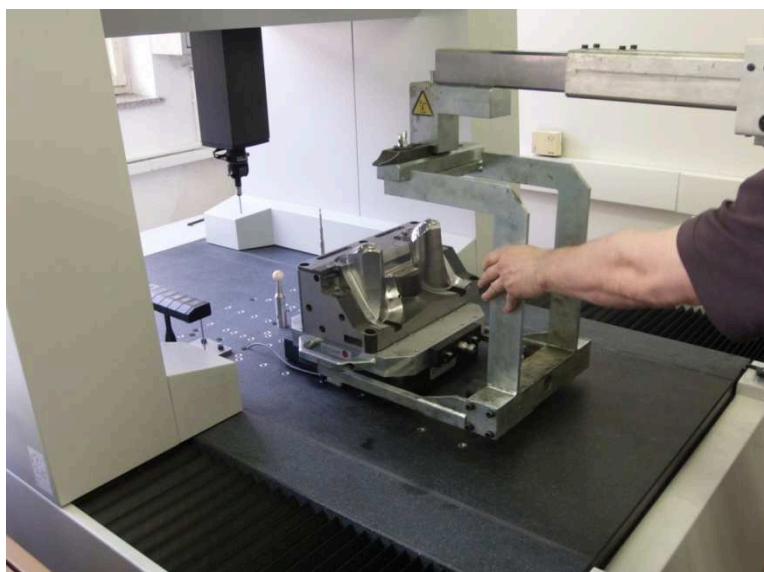


Obr. 4.9 Rovnací paleta zaměření středu

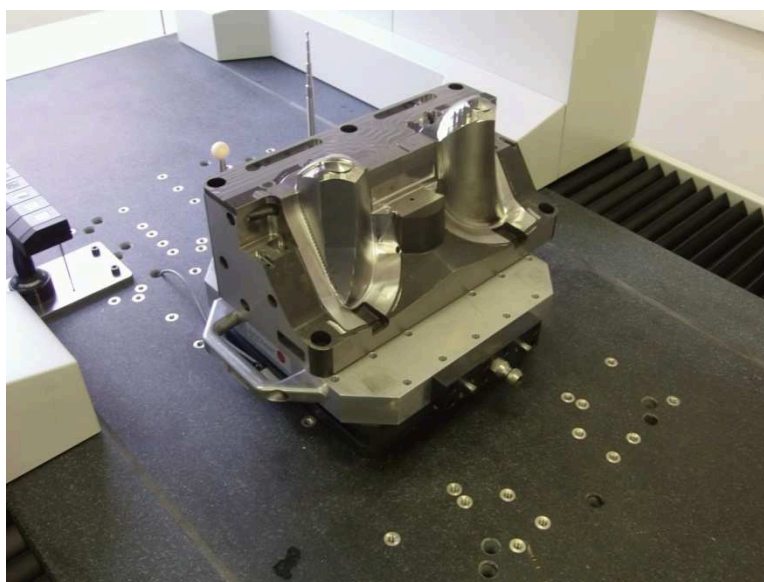
Až teď máme jistotu nulového bodu ve středu upínacího pouzdra. Obsluha nasadí pomocí manipulačního vozíku paletu s obrobkem.



Obr. 4.10 Přesun obrobku na upínací pouzdro

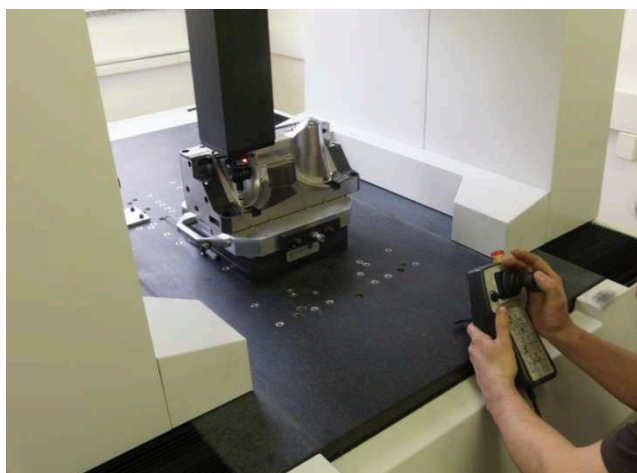


Obr. 4.11 Přesun obrobku na upínací pouzdro

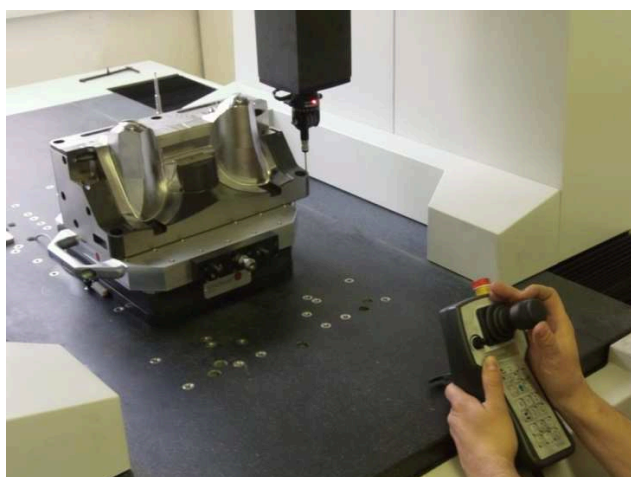


Obr. 4.12 Paleta s obrobkem upnuta na upínacím pouzdře

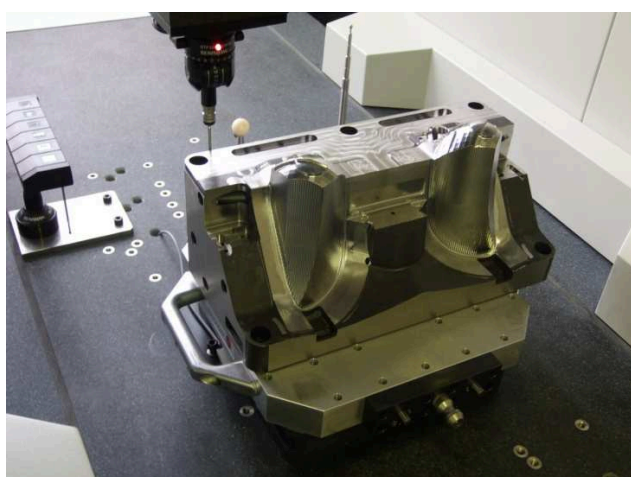
Po upevnění palety obsluha měřicího stroje vybere v databázi danou zakázku a pozici obrobku, který se zaměřuje a zapíše k ní číslo palety. Poté vybere z nabídky vhodné makro, podle něhož bude zaměřovat obrobek. Následuje zaměření obrobku v osách x, y, z. Pro přesné zaměření obrobku se musí na součásti sejmout body, na každé ploše minimálně 3. Pouze u osy z stačí sejmout 2 body na paletě. Nejpresnější zaměření palety je vedeno do kříže.



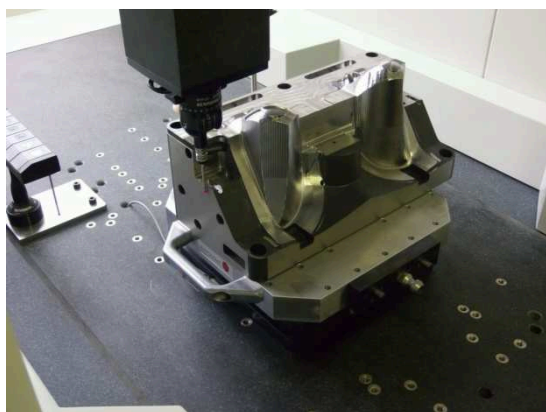
Obr. 4.13 Zaměření první stěny



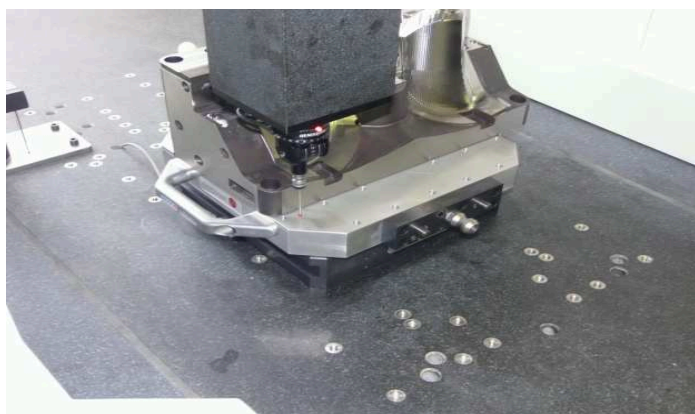
Obr. 4.14 Zaměření druhé stěny



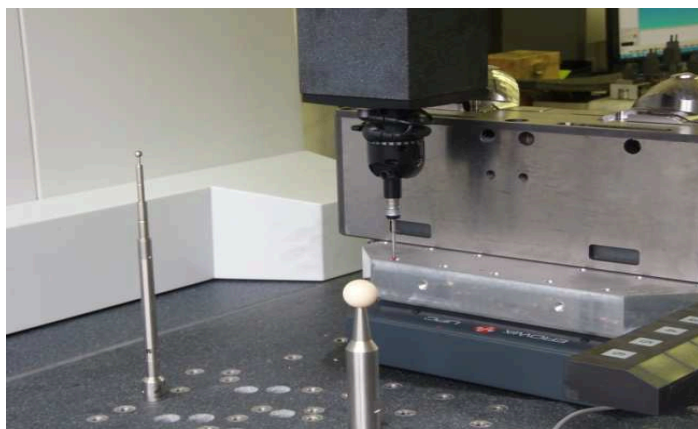
Obr. 4.15 Zaměření třetí stěny



Obr. 4.16 Zaměření čtvrté stěny

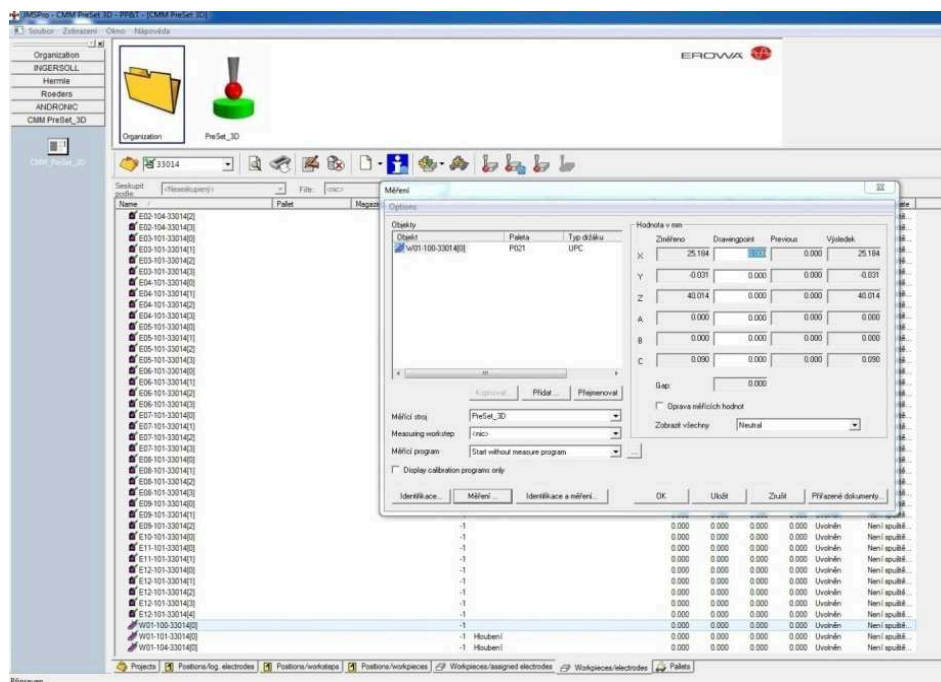


Obr. 4.17 Zaměření v ose z palety do kříže přední strana

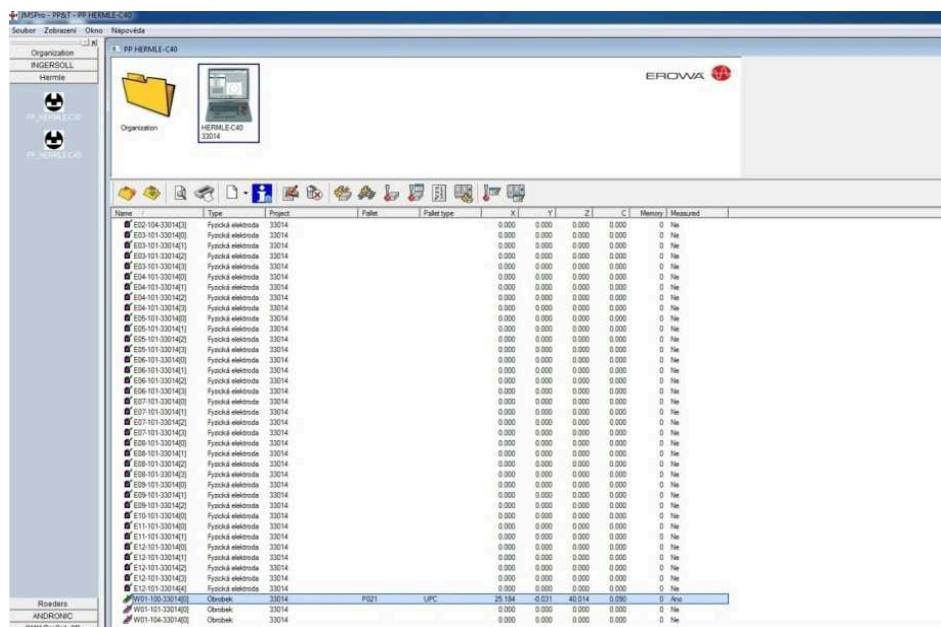


Obr. 4.18 Zaměření v ose z palety do kříže zadní strana

Po zaměření obrobku a palety se v systému ukážou dané hodnoty, které se uloží v neutrálním formátu a poté se budou exportovat do stroje.



Obr. 4.19 Naměřené hodnoty v databázi [10]



Obr. 4.20 Obrázovka Hermle C40 [10]

Obrazovka zobrazuje buď elektrody značené písmenem E, nebo frézované součásti, které se označují W. Zelená barva označuje hodnoty, které jsou uloženy ve frézce. Lze si zkontrolovat číslo zakázky, pozice, číslo palety a zda-li je obrobek zaměřen, což v daném případě jsme už provedli.

4.3 Frézování

Po zaměření hodnot následuje frézování obrobku. Paletizační systém je založen na opakované přesnosti upnutí. Jestliže je upínací pouzdro kalibrováno, stačí vložit paletu s upnutým kusem do pouzdra a tím je připraveno frézování. Pomocí mechanického vozíku trvá upínání obrobku pár minut z důvodu manipulace s vozíkem a přesného ustavení palety do pouzdra. Jestliže se zavádí paletizační systém, musí se nejdříve na stůl CNC frézky upnout upínací pouzdro. Do upínacího pouzdra se vloží rovnací paleta a zaměří se nulové body. Obsluha stroje pomocí úchylkoměru vyrovnává rovnací paletu společně s upínacím pouzdem. Nulová hodnota se určí pomocí otvoru v rovnací paletě. Důležitá je nulová hodnota v ose c při otáčení stolu. Nulové hodnoty je nemožné dosáhnout, tudíž tolerance se pohybuje v hodnotě tisíciny milimetru.



Obr. 4.21 Určování nulových hodnot pomocí hodinek

Když se dosáhne přesného upnutí palety a upínacího pouzdra, vymění obsluha na vřetenu hodinky za sondu, s jejíž pomocí se určí nulové body na rovnací paletě, stejně jako na měřicím stroji, ale není potřeba třech bodů, ale pouze dvou a to i u určení nulového bodu v najíždějícím otvoru. Paleta je zaměřená, vyjme se z pouzdra. U pouzdra se také zaměří nulové hodnoty, ale na vybroušených ploškách. Stačí dvě protilehlé plošky.

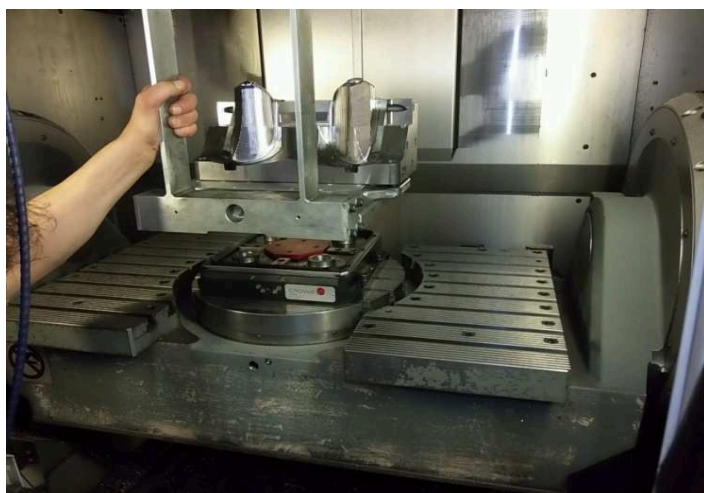


Obr. 4.22 Zaměření rovnací palety



Obr. 4.23 Zaměření vybroušených ploch na upínacím pouzdra

Všechny hodnoty se ukládají do CNC frézky. Tímto končí příprava k obrábění obrobku, když se zavádí paletizační systém pro první frézování. Obrobek s paletou se zvedne mechanickým vozíkem. Pomocí obsluhy se navede přesně nad upínací pouzdro, které je otevřeno. Pomalým snižováním ramena vozíku se obrobek ustaví do upínacího pouzdra, které se pomocí pneumatického tlaku zavře, čímž je obrobek pevně upevněn.



Obr. 4.24 Vkládání obrobku pomocí robota do upínacího pouzdra



Obr. 4.25 Obrobek s paletou upevněn před obráběním

Upevnění se zkontroluje. Jestliže odpovídá, může pracovník z databáze vyexportovat hodnoty pro odpovídající frézku, které byly naměřeny na měřícím stroji. Hodnoty se exportují do podprogramu, jehož prostřednictvím dostáváme tabulku nulových bodů.

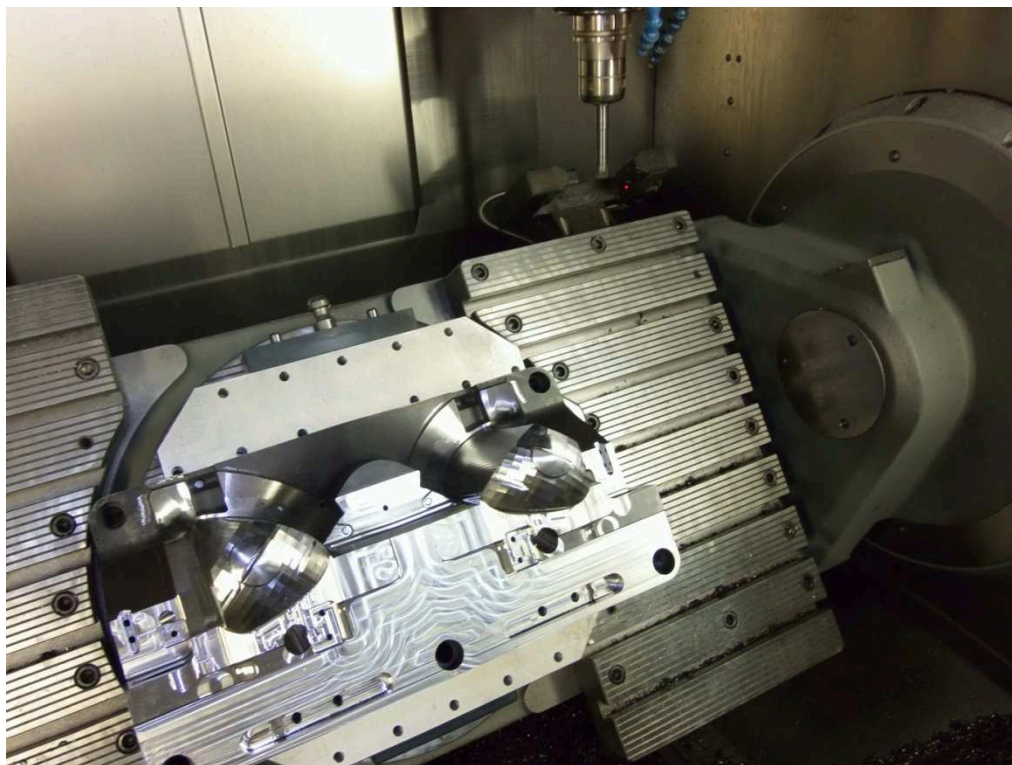
Skládá se ze dvou řádků:

- 1. řádek - nulová hodnota pouzdra
- 2. řádek - nulová hodnota obrobku

Při spuštění programu se použije funkce převést nulové hodnoty z tabulky.

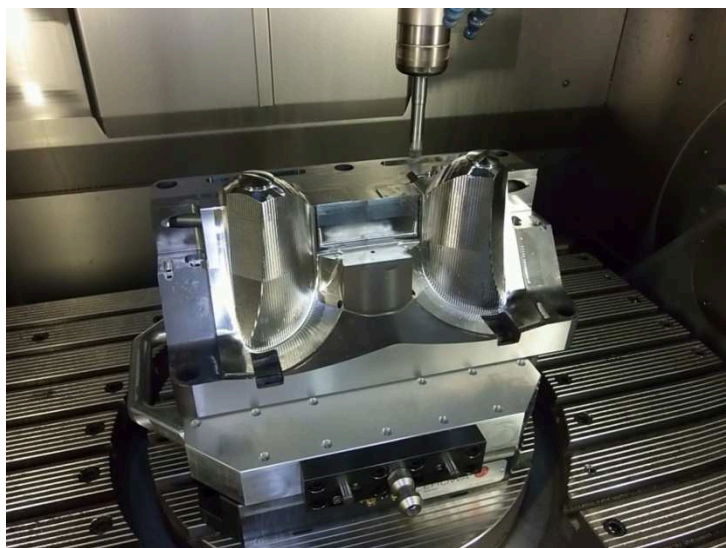
Po nahrání programu se připraví nástroje do frézky, podle programu frézování, které vytvořil programátor. Před spuštěním programu a samotným obráběním se musí kalibrovat

laser, z důvodu přesného zaměření nástroje. Kalibruje se pomocí kalibrovacího nástroje. Po kalibrování laseru se kalibruje první nástroj, kterým se bude obrábět. U nástroje se kalibruje délka a průměr. Kalibrace se provádí po každé výměně nástroje.



Obr. 4.26 Kalibrace prvního nástroje a naklonění obrobku

Kalibrace je poslední krok před frézováním. Obsluha spustí program a obrobek se obrábí nahotovo.



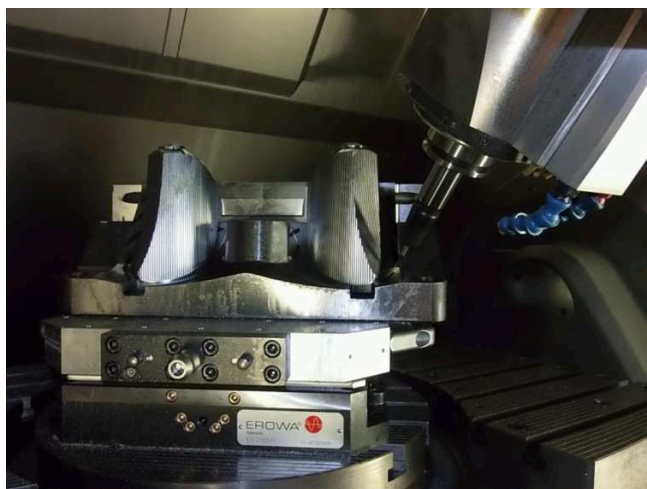
Obr. 4.27 Obrábění prvním nástrojem s přídavkem



Obr. 4.28 Obrábění prvním nástrojem



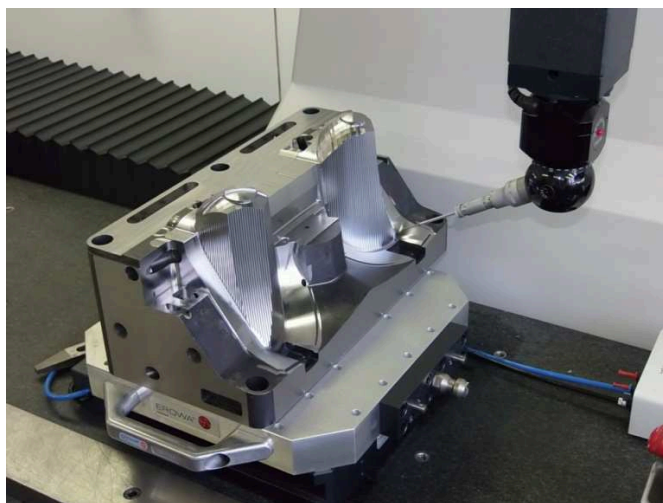
Obr. 4.29 5-ti osé frézování



Obr. 4.30 5-ti osé frézování

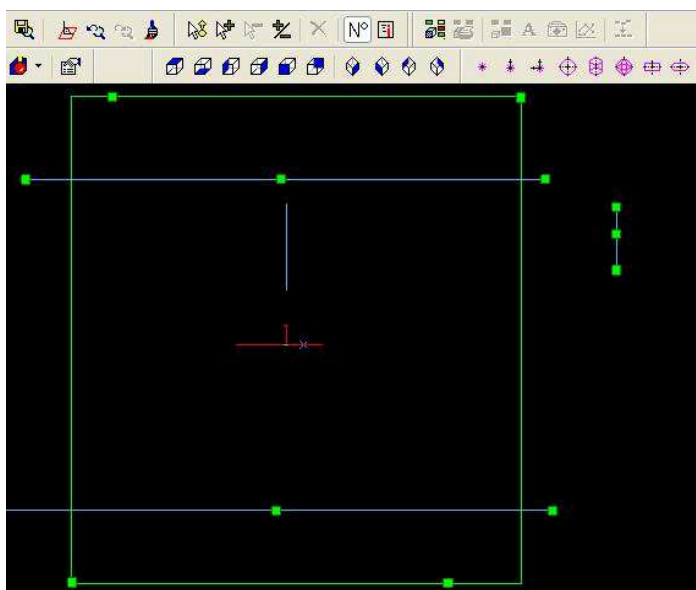
4.4 Kontrolní měření po obrábění

Po ofrézování na 5-ti osé CNC frézce se obrobek dopraví pomocí mechanického vozíku na oddělení kontrola ke kontrole rozměrů. Měření provádí pracovník kontroly. Obrobek s paletou se ustaví do upínacího pouzdra na měřícím stroji WENZEL LH 87. Po ustavení a pneumatickém zajištění palety s obrobkem provede pracovník kontroly nejprve kontrolní zaměření dílu pomocí sondy.



Obr. 4.31 Vyrovnání obrobku

Nulová plocha v ose z bude na horní ploše palety. Poté pohybem po přímce zaměří 4 body z každé strany obrobku, čímž se udělají 2 symetrie a vytvoří se střed kusu a poté se vloží osový kříž x, y. Osový kříž je uložen od konstruktéra.

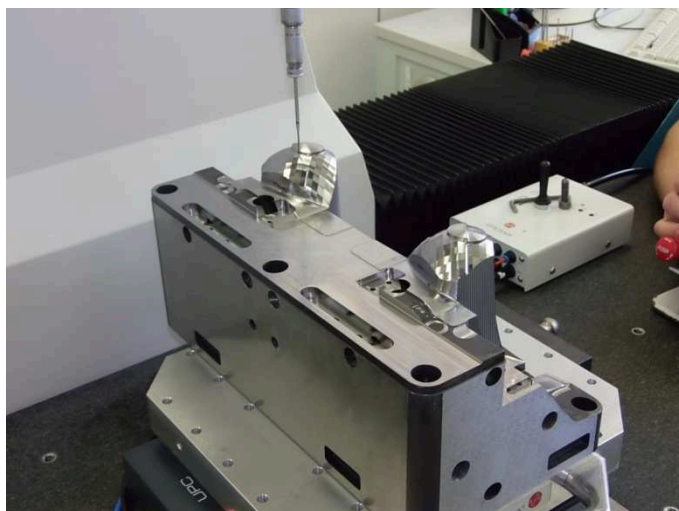


Obr. 4.32 Přímky, osový kříž a obrobek [13]

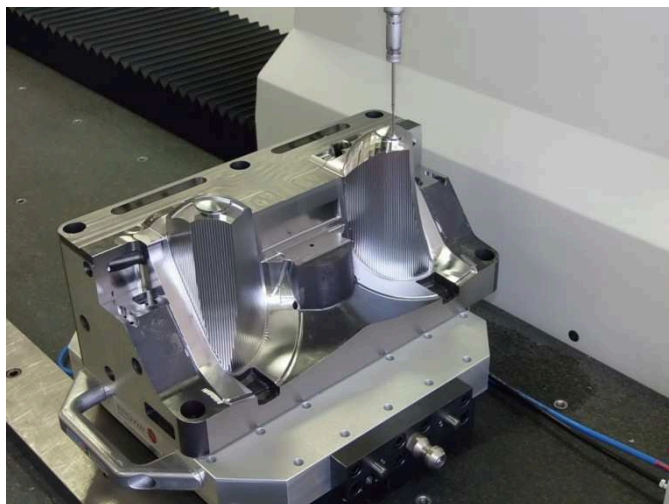
Poté následuje 3D měření, což je všeobecné měření ploch, které se frézovaly. Jsou 2 způsoby 3D měření:

- odchylka, která je kolmá k bodu
- odchylka v osách x , y , z , ze které se dají špatně vyčíst hodnoty, tudíž se moc nepoužívá

Obsluha si zvolí dovolené tolerance a počet bodů pro měření. Bodů by mělo být co nejvíce, aby se dalo snadněji poznat nepřesnosti při frézování. Pomocí sondy obsluha zahájí 3D měření a poté se vyhodnotí, jestli plochy vyhovují dané toleranci a není potřeba další úprav. Nebo obráběné plochy neodpovídají dané toleranci.

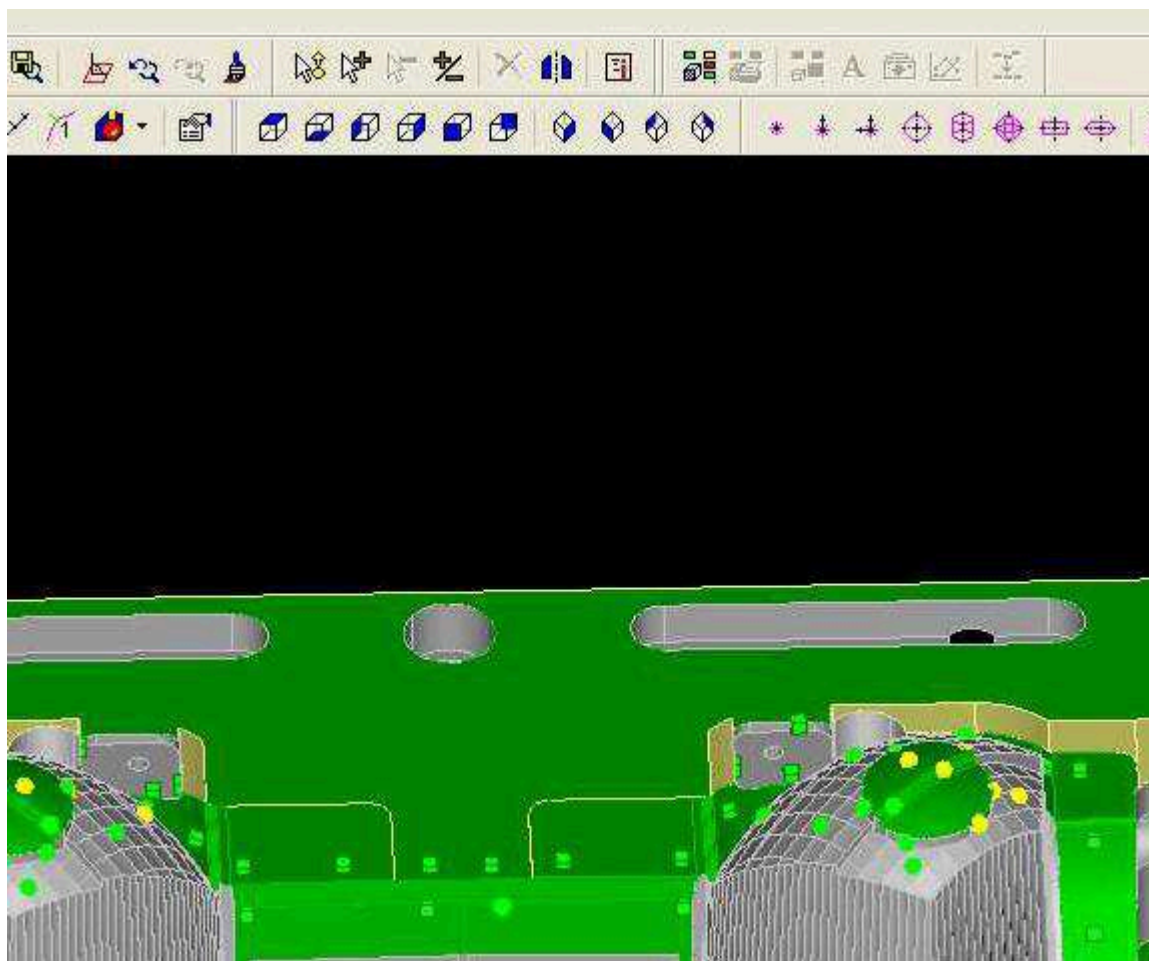


Obr. 4.33 3D měření zadní strana



Obr. 4.34 3D měření přední strana

Vyhodnocuje se podle modelu, který zaznamenává dotyky sondy. Plochy zelené značí plochu, která je v toleranci a není potřeba dále obrábět. Plocha žlutá neodpovídá dané toleranci a bude potřeba dalšího obrábění.



Obr. 4.35 Naměřené body [13]

Obsluha vytvoří výpočtový protokol, kde pro každý dotek sondy je vyhodnocena tabulka, ve které jsou hodnoty Nom, Act, Dev, ale zajímá nás celková kolmá odchylka.

Plochy, které neodpovídají, se musí dále obrábět, buď opětovným frézováním, nebo to jsou plochy s tolerancí, například pro leštění.

4.4.1 Vyhodnocené hodnoty

Tab.4.1. Naměřené hodnoty [13]

22	Nom	Act	Dev
			-0,0008
X	19,1671	19,1664	-0,0006
Y	-42,5478	-42,5473	0,0005
Z	91,1395	91,1394	-0,0001

Tab.4.2. Naměřené hodnoty [13]

23	Nom	Act	Dev
			0,0016
X	21,5652	21,5664	-0,0012
Y	-43,5998	-43,6008	-0,0010
Z	76,2525	76,2528	0,0003

Tab.4.3. Naměřené hodnoty [13]

19	Nom	Act	Dev
			0,0003
X	10,9620	10,9623	0,0003
Y	-8,8435	-8,8435	-0,0000
Z	99,0356	99,0356	0,0000

Tab.4.4. Naměřené hodnoty [13]

15	Nom	Act	Dev
			0,0033
X	5,4789	5,4822	0,0033
Y	8,4564	8,4563	-0,0001
Z	134,6387	134,6393	-0,0005

Tab.4.5. Naměřené hodnoty [13]

21	Nom	Act	Dev
			-0,0017
X	27,8285	27,8285	0,0000
Y	11,8301	11,8301	0,0000
Z	97,0000	96,9983	-0,0017

Tab.4.6. Naměřené hodnoty [13]

1	Nom	Act	Dev
			-0,0030
X	-9,0449	-9,0479	-0,0030
Y	137,7339	137,7338	-0,0001
Z	138,4223	138,4218	-0,0005

Tab.4.7. Naměřené hodnoty [13]

13	Nom	Act	Dev
			0,0037
X	11,3456	11,3493	-0,0037
Y	47,7803	47,7802	-0,0001
Z	101,2099	101,2105	0,0006

Tab.4.8. Naměřené hodnoty [13]

12	Nom	Act	Dev
			0,0045
X	18,3151	18,3185	0,0034
Y	43,5266	43,5295	0,0029
Z	91,3051	91,3058	0,0006

Tab.4.9. Naměřené hodnoty [13]

8	Nom	Act	Dev
			-0,0027
X	70,2908	70,2907	-0,0001
Y	92,2523	92,2521	-0,0002
Z	31,3294	31,3267	-0,0027

Tab.4.10. Naměřené hodnoty [13]

10	Nom	Act	Dev
			-0,0020
X	46,3125	46,3118	-0,0006
Y	57,9958	57,9951	-0,0007
Z	42,6016	42,5999	-0,0017

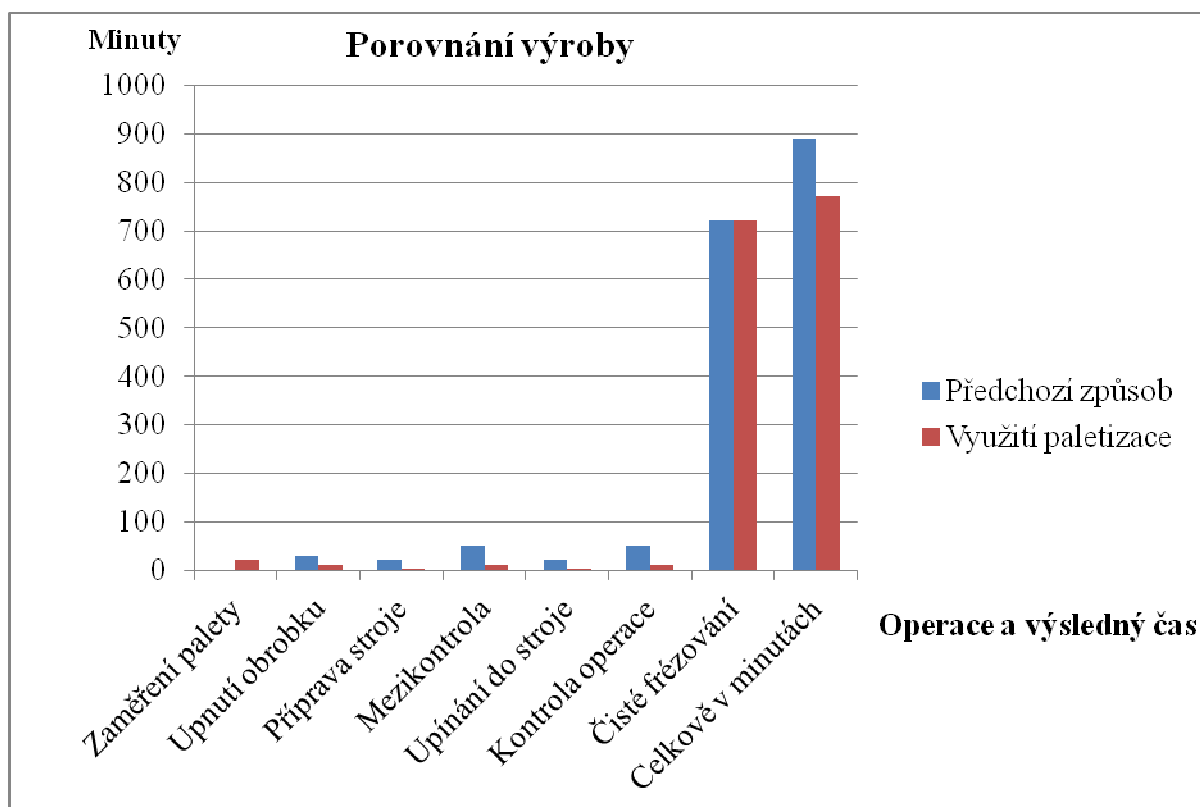
Na výkresu jsou konstruktérem povolené odchylky do $\pm 0,005$ mm. Podle naměřených kolmých odchylek všechny hodnoty odpovídají určené toleranci. Tudíž přesnost upnutí paletizačního systému je dostatečná. Nejmenší odchylka měřidla činí 0,0003 mm. Největší odchylka měřidla činí 0,0045 mm.

5 Technicko-ekonomické zhodnocení

Tab. 5.1. Porovnání starého a nového způsobů upnutí (v min.)

	Zaměření palety	Upnutí obrobku	Příprava stroje	Mezi-kontrola	Upínání do stroje	Kontrola operace	Čisté frézování	Celkově v min.
Předchozí způsob	0	30	20	50	20	50	720	890
Využití paletizace	20	10	1	10	1	10	720	772

Graf 5.1. Porovnání starého a nového způsobu upnutí



Celkový spotřební čas stroje bez využití paletizačního systému činí 890 minut. S využitím paletizačního systému spotřební čas dosahuje 772 minut.

Tab. 5.2. Ztrátové časy

	Zaměření palety	Upnutí obrobku	Příprava stroje	Mezikontrola	Upínání do stroje	Kontrola operace	Celkově v minutách
Předchozí způsob	0	30	20	20	20	20	110
Využití paletizace	0	10	1	0	1	0	12

Čas úspor při použití paletizačního systému činí, dle první tabulky $(890 - 772) = 118$ minut, což znamená denní úsporu výroby 4 hodin (800Kč za hodinu) a ušetří se 3200Kč na jednom stroji.

Ze ztrátových časů vypočteme denní navýšení kapacity. Vypočte se odečtením výsledných ztrátových časů.

V našem případě to znamená:

$$\text{Rozdílový ztrátový čas} = 110 - 12 = 98 \text{ minut}$$

Uvedený ztrátový čas vznikne při zhotovení práce v průběhu 12 hodin. Dá se tedy předpokládat, že denní ztrátový čas bude dvojnásobný při třísměnném provozu.

$$\text{Navýšení kapacity } 98 * 2 = 196 \text{ minut} \Rightarrow 3,2 \text{ hodin}$$

Navýšení kapacity za den činí 3,2 hodin.

Ted' spočítáme celkové náklady na zavedení paletizačního systému

Zavedení paletizace:

Cena palety a upínacího pouzdra: 300 000Kč

Měřicí stroj: 2 200 000Kč

Školení obsluhy: 50 000Kč

Celkové náklady na zavedení paletizačního systému činí 2 550 000Kč.

Návratnost:

Jestliže budeme počítat, že rok má 260 pracovních dnů, tak navýšení času kapacity stroje je 832 hodin. Z této hodnoty spočítáme nadvýkon za rok, který činí 665 600Kč. Ve společnosti jsou 3 stroje, takže nadvýkon se musí vynásobit třemi.

$$\text{Celkový nadvýkon} = 665\,600 \cdot 3 \Rightarrow 1\,996\,800 \text{ Kč}$$

Při celkové ceně pro zavedení paletizace, která činí 2 550 000 Kč, trvá návratnost téměř 1,3 roku. Obvyklá návratnost by měla být do 3 let, což v našem případě je bezpečně dlouhá doba, aby investice byla efektivní.

6 Závěr

Paletizační systém je velice efektivní a produktivní prostředek pro zkrácení nevýrobních časů. Zavedením paletizačního systému ve společnosti se snižuje nežádoucí, neproduktivní čas výroby. Dalším snížením nežádoucích časů se dosáhne v budoucnosti robotizací. Paletizační systém se pomalu stává fenoménem při výrobě obrobků a zavádí se do mnoha společností nejen u nás, ale i ve světě. Velkou výhodou systému je vysoká přesnost opakovaného upnutí, rychlost při výměně palety a zaměřování obrobku mimo CNC frézku. Dle dohody ve firmě a pro kontrolu se upínací pouzdro zaměřuje jednou za měsíc. Počáteční cena pro zavádění paletizačního systému do společnosti je poměrně drahá, ale díky vysoké a rychlé návratnosti je to investice velice výhodná a promyšlená.

7 Seznam použité literatury

- [1] PROF. ING. FRANTIŠEK BOHÁČEK, DrSc., A KOLEKTIV. *Základy Strojnictví*. Praha: 1989. ISBN 80-03-00083-1.
- [2] Odmaturuj.cz [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< <http://www.odmaturuj.cz/zemepis/strojirensky-prumysl-cr/>>
- [3] Česká republika [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< <http://www.czech.cz/cz/Podnikani/Firmy-v-CR/Strojirenstvi>>
- [4] Plastic Parts & Technology s.r.o. [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< [URL:< http://www.pptechology.cz/](http://www.pptechology.cz/)>
- [5] Plastic Parts & Technology s.r.o. [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< <http://www.pptechology.cz/vyroba/nastrojarna/>>
- [6] Pfingstner [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< <http://www.pfingstner.cz/index.php/rezaci-draty>>
- [7] Wikipedie [online]. Poslední aktualizace 27.4.2013, [cit.27-4-.2013].
URL:< <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kalení>>
- [8] EROWA: General Catalog. Prospekt firmy EROWA
- [9] Plastic Parts & Technology: software WorkPlan
- [10] Plastic Parts & Technology: software JMSPro
- [11] Plastic Parts & Technology: software Solidworks
- [12] Plastic Parts & Technology: software ArcoCAD Inspection
- [13] Plastic Parts & Technology: software Metrosoft CM

8 Seznam příloh

Příloha A - výkres součásti Vložka VS - list 1/1

Příloha B - výkres tvárnice - list 1/1

Příloha C - měřicí protokol zaměřených hodnot - list 1/1

Příloha D - měřicí protokol zaměřených hodnot - list 1/1

Příloha E - měřicí protokol zaměřených hodnot - list 1/1

Poděkování:

Poděkování bych chtěl vyjádřit společnosti Plastic Parts & Technology, s jejichž pomocí bakalářská práce vznikla. Především za odborné názory, poskytnutou literaturu, pracovní technologii a za věcné informace o dané problematice. Poděkování patří především technicko-výrobnímu řediteli panu Ing. Vojtěchu Sedlákoví.

Poděkování také patří panu Doc. Ing. Vladimíru Vrbovi, CSc. za vedení bakalářské práce a za odborné rady spojené s jejím vytvořením.

..........

Lukáš Kulhavý